

**VŠB – Technická Univerzita Ostrava**  
**Fakulta strojní**  
Katedra obrábění a montáže

**NÁVRH PŘÍPRAVKU PRO OBRÁBĚNÍ  
PODPĚR TURBODMÝCHADLA**

**DESIGN OF JIG FOR TURBO-BLOWER SUPPORT  
CUTTING**

Vedoucí diplomové práce :

doc. Dr. Ing. Ivan MRKVICA

Student :

Bc. Miroslav Janoš

**OSTRAVA 2009**

### Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne .....

.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, же Высoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vlastní potřebě diplomovou práci užít (§35 odstavec 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odstavec 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněná v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do skutečné výše).
- беру на вѣдомі, же оdevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne.....

.....

Podpis - plné jméno studenta

Adresa trvalého pobytu studenta

Rovniny 127

748 01 HLUČÍN

## **ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE**

JANOŠ, M. *Návrh přípravku pro obrábění podpěr turbodmyhadla*. Ostrava: Katedra obrábění a montáže, Fakulta strojní VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2009, 41s.

Vedoucí Doc. Dr. Ing. Ivan Mrkvica.

Diplomová práce se zabývá návrhem přípravku pro obrábění podpěr turbodmyhadla. V úvodu práce vás seznamuji s důležitostí přípravků v současné výrobě strojních součástí a s cílem diplomové práce. V první kapitole popisují definici, rozdělení a základy konstrukce strojních přípravků. V druhé kapitole popisují technologický postup výroby obráběné součásti. V dalších kapitolách samotný návrh přípravku a jeho realizaci. V příloze naleznete výkresovou dokumentaci navrženého přípravku.

## **ANNOTATION OF DIPLOMA THESIS**

JANOŠ, M. *Design of Jig for Turbo-Blower Support Cutting*. Ostrava: Institute Cutting and Mounting, Department Mechanical - Technical University of Ostrava, 2009, 41p.

Head Doc. Dr. Ing. Ivan Mrkvica.

The following diploma thesis deals with the design of a jig for turbo-blower support cutting. The introductory part of the thesis gives information about the significance of the jigs in the present-day production of machine parts. It also informs about the goal of the thesis. The first chapter contains the definition, classification and the fundamentals of the construction of machine jigs. The second chapter describes the technological procedure for the production of workpieces. The remaining chapters deal in detail with the design of the jig itself and its implementation. There is an appendix at the back of the thesis containing the design documentation.

# OBSAH

## SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ, SYMBOLŮ A ZKRATEK

Úvod.....	1
Cíl práce.....	2
<b>1 VŠEOBECNĚ O PŘÍPRAVCÍCH.....</b>	<b>3</b>
1.1 DEFINICE A KLASIFIKACE PŘÍPRAVKŮ.....	3
1.2 ZÁSADY KONSTRUKCE PŘÍPRAVKŮ.....	4
1.3 VLIV TRÍSEK NA KONSTRUKCI PŘÍPRAVKŮ.....	5
1.4 VOLBA MATERIÁLU PRO PŘÍPRAVKY.....	5
<b>2 TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY SOUČÁSTI.....</b>	<b>6</b>
<b>3 USTAVENÍ OBROBKU PRO STANOVENÉ OPERACE.....</b>	<b>12</b>
3.1 PRINCIP USTAVENÍ.....	12
3.2 KONSTRUKČNÍ ROVINA, USTAVUJÍCÍ ROVINA, OPĚRNÁ PLOCHA.....	13
3.3 USTAVENÍ PODPĚRY PRO OPERACE č.1, č.2, č.3, č.6. ....	14
<b>4 KONTROLA PŘESNOSTI USTAVENÍ.....</b>	<b>16</b>
4.1 KONTROLA PŘESNOSTI USTAVENÍ OBROBKU PRO PRVNÍ OPERACI.....	18
4.2 KONTROLA PŘESNOSTI USTAVENÍ OBROBKU PRO DRUHOU OPERACI.....	19
4.3 KONTROLA PŘESNOSTI USTAVENÍ OBROBKU PRO TŘETÍ OPERACI.....	20
4.4 KONTROLA PŘESNOSTI USTAVENÍ OBROBKU PRO ŠESTOU OPERACI.....	20
<b>5 ROZBOR UPNUTÍ OBROBKU.....</b>	<b>21</b>
<b>6 STANOVENÍ ŘEZNÝCH A UPÍNACÍCH SIL.....</b>	<b>23</b>
6.1 ŘEZNÉ A UPÍNACÍ SÍLY PRVNÍ OPERACE.....	23
6.2 ŘEZNÉ A UPÍNACÍ SÍLY DRUHÉ OPERACE.....	27
6.3 ŘEZNÉ A UPÍNACÍ SÍLY TŘETÍ A ŠESTÉ OPERACE.....	28
<b>7 POPIS SESTAVY PŘÍPRAVKU.....</b>	<b>29</b>
<b>8 ULOŽENÍ A UPNUTÍ PŘÍPRAVKU NA OBRÁBĚCÍ STROJ.....</b>	<b>31</b>
<b>9 REALIZACE PŘÍPRAVKU V PRAXI.....</b>	<b>32</b>
<b>10 DRSNOST POVRCHU.....</b>	<b>35</b>
<b>11 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....</b>	<b>36</b>
<b>12 ALTERNATIVNÍ VARIANTA ŘEŠENÍ.....</b>	<b>38</b>
<b>13 ZÁVĚR.....</b>	<b>39</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>40</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>41</b>

## SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ, SYMBOLŮ A ZKRATEK

ZNAK	VELIČINA	JEDNOTKA
C	Cena přípravku	[kč]
D	Průměr nástroje	[mm]
F	Řezná síla	[N]
F <sub>a</sub>	Ovládací síla	[N]
F <sub>o</sub>	Osová síla	[N]
F <sub>r</sub>	Třecí síla	[N]
F <sub>r'</sub>	Reakce opěrné plochy	[N]
F <sub>t</sub>	Tangenciální síla	[N]
F <sub>u</sub>	Upínací síla	[N]
F <sub>u1</sub>	Upínací síla upínky	[N]
F <sub>vp</sub>	Výpočetní síla	[N]
F <sub>y</sub>	Složka řezné síly ve směru osy y	[N]
F <sub>z</sub>	Složka řezné síly ve směru osy z	[N]
M <sub>k</sub>	Krouticí moment	[Nmm]
R	Režie	[%]
R <sub>a</sub>	Průměrná aritmetická úchylka	[μm]
R <sub>z</sub>	Největší výška profilu	[μm]
S	Průřez třísky	[mm <sup>2</sup> ]
T	Životnost zařízení	[rok]
U	Úspora ve mzdě	[kč/ks]
U <sub>r</sub>	Celková úspora	[kč]
V	Hmotnost přípravku	[kg]
VBD	Vyměnitelné břitové destičky	[-]
Z	Zisk	[kč]
a	Tloušťka třísky	[mm]
a <sub>p</sub>	Hloubka řezu	[mm]
b	Šířka třísky	[mm]
c <sub>M</sub>	Konstanta	[-]

$d_2$	Střední průměr šroubu	[mm]
$f$	Posuv	[mm/min]
$h$	Náklady vynaložené na údržbu	[%]
$i$	Počet seřízení	[-]
$k$	Součinitel odpisu	[-]
$k_C$	Konstanta závislá na složitosti přípravku	[-]
$k_m$	Opravný součinitel	[-]
$n$	Průměrný počet výrobků za rok	[ks/rok]
$n'$	Náklady na jedno seřízení	[kč/dáv]
$q_1$	Rázový součinitel	[-]
$q_2$	Bezpečnostní součinitel	[-]
$r$	Měrný řezný odpor	[MPa]
$s$	Posuv na břit vrtáku	[mm]
$t_c$	Normovaný čas	[min]
$t_h$	Hlavní čas	[min]
$t_k$	Čas na výrobu jednoho kusu	[min]
$t_o$	Operační čas	[min]
$t_v$	Vedlejší čas	[min]
$t_{xd}$	Oddechový čas	[min]
$t_{xo}$	Čas na obsluhu pracoviště	[min]
$v_c$	Řezná rychlost	[m/min]
$x_M, y_M$	Exponenty	[-]
$\Delta$	Celková nepřesnost	[mm]
$\Delta_{max}$	Dovolená nepřesnost ustavení obrobku	[mm]
$\Delta_{us}$	Skutečná nepřesnost	[mm]
$\delta$	Tolerance rozměru obrobku	[mm]
$\mu$	Součinitel tření	[-]
$\varphi$	Třecí úhel	[°]
$\psi$	Úhel stoupání závitu	[°]

## Úvod

Přípravky jsou jedním z prostředků na zvýšení technické a ekonomické úrovně výroby. Technický význam přípravků spočívá v možnosti lehčího zabezpečení požadované přesnosti obrobků a tím snížení zmetkovitosti, snížení požadavků na klasifikaci obsluhy stroje a snížení tělesné námahy při upínání a uvolňování obrobků.

Konstrukční provedení těchto přípravků je spojeno s obrobkem a proto jsou označovány jako speciální výrobní prostředky. Aby mohly být takové prostředky hospodárně využity, je zapotřebí jejich nasazení při sériové, hromadné a velkosériové výrobě. V malosériové a kusové výrobě se jich používá jen při vysoké kvalitě výrobku a dále pak, když je opracování součásti bez přípravku téměř nemožné, nebo když se dosáhne určitého zjednodušení práce.

Ekonomický význam spočívá ve snížení vedlejšího času a tím se zvýší produktivita práce.

Vedlejší čas  $t_v$  a čas hlavní (řezný)  $t_h$  jsou složkami operačního času  $t_0$  :

$$t_0 = t_h + t_v \quad (1)$$

Čas na výrobu jednoho kusu  $t_k$  je dán vztahem:

$$t_k = t_0 + t_{xo} + t_{xd} \quad (2)$$

, kde  $t_0$  je operační čas  
 $t_{xo}$  je čas na obsluhu pracoviště  
 $t_{xd}$  je oddechový čas a přirozené potřeby

Součet kusového času  $t_k$  a času přípravy a seřízení  $t_{pz}$ , vztaženého na jeden obrobek, dává celkový normovaný čas  $t_c$  :

$$t_c = t_k + \frac{t_{pz}}{n} \quad (3)$$

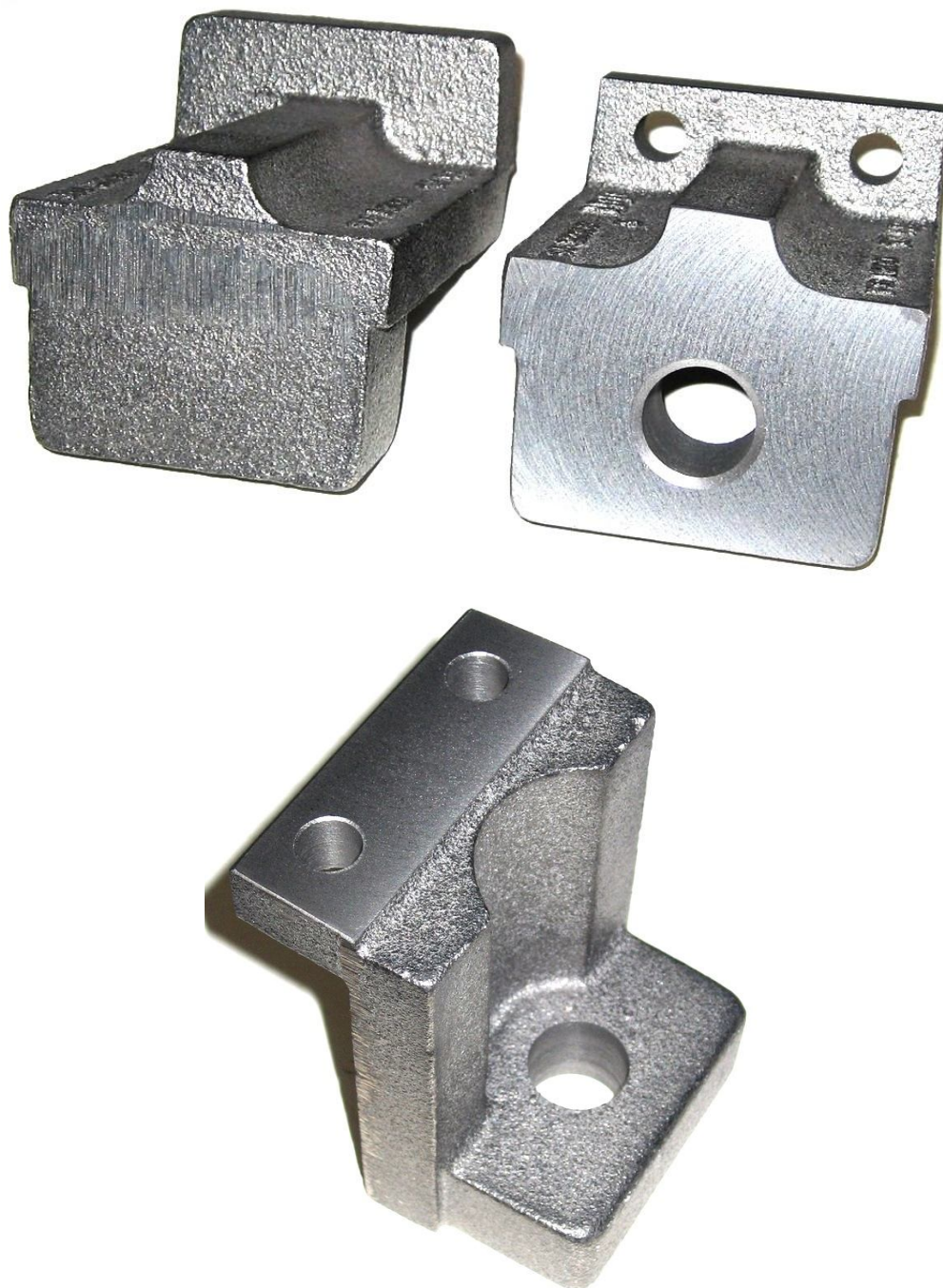
, kde  $n$  je počet kusů v dávce

Rozbor rentability použití přípravku už před jeho konstrukcí si vyžaduje získat kvalifikované odhady více veličin. V praxi velkých podniků, při požadavku odběratele na rychlé vypracování cenové nabídky, se osvědčilo statistické sledování nákladů na výrobu realizovaných přípravků. Přípravky se klasifikují podle stupně složitosti konstrukce, výroby a vyjadřují se poměrnou cenou připadající na kilogramovou hmotnost.



## Cíl práce

Cílem této diplomové práce je navrhnout, prokreslit a zrealizovat přípravek pro zhotovení daných operací na součásti (podpěře). Podpěra je znázorněna na obr., dále rozměry odlitku a hotové obrobene součásti jsou na přiložených výkresech. Podpěra je odlita z šedé litiny ČSN EN 42 24 20 (viz. příloha materiál součásti). Přípravek budu navrhovat pro obrábění na frézce typu FGU 32 (viz. příloha obráběcí stroj).



*Obr. – Podpěra*

# 1 VŠEOBECNĚ O PŘÍPRAVCÍCH

## 1.1 DEFINICE A KLASIFIKACE PŘÍPRAVKŮ

Přípravek je možné definovat jako pomocné (speciální) výrobní zařízení, které:

- umožňuje jednoznačné ustavení obrobku vůči nástroji,
- zvyšuje produktivitu práce,
- zabezpečuje požadovanou výrobní přesnost,
- rozšiřuje rozsah technologického vybavení stroje.

Klasifikace přípravků se dělí podle několika charakteristických znaků [9]:

### A) Podle operačních znaků na:

- *Strojní (obráběcí) přípravky* – slouží k ustavení a upnutí obrobků na obráběcích strojích. Dělí se na vrtací, soustružnické, frézovací, brusné atd.
- *Kontrolní přípravky* – slouží ke kontrole správnosti rozměrů a tvarů součástí.
- *Montážní přípravky* – umožňují snadnější spojení sdružených částí a montážních jednotek. Můžou se zde zařadit i svařovací přípravky.
- *Podávací přípravky* – umožňují přemísťování dílců různým stupněm automatizace.
- *Přípravky pro upevňování nástrojů*
- *Ostatní pomocná a dílenská zařízení*

### B) Podle stupně specializace na:

- *Univerzální přípravky* – slouží k upnutí obrobků různých druhů a tvarů v určitém rozsahu velikosti. Např. svěráky, sklíčidla apod.
- *Speciální přípravky* – jsou jednoúčelové, neseřizovatelné a slouží k upnutí obrobku pro určitou operaci (viz. můj přípravek).
- *Skupinové přípravky* – jsou určeny pro upínání skupin obrobků s podobnými konstrukčními i technologickými znaky.
- *Stavebnicové přípravky* – montují se ze široké stavebnice typizovaných a normalizovaných prvků.

### C) Podle zdrojů upínací síly na:

- *Přípravky s ručním upínáním*
- *Přípravky s mechanickým upínáním* (vzduchové, hydraulické, magnetické)

## 1.2 ZÁSADY KONSTRUKCE PŘÍPRAVKŮ

Při konstrukci strojních přípravků se musíme řídit těmito zásadami [5]:

- a) *Před navržením přípravku musíme znát přesný technologický postup výroby součásti (viz následující kapitola). Důležité je aby se při prvním obrábění získala základní plocha nebo díra, která bude výchozí při dalších operacích.*
- b) *Pro menší série je vhodné uspořádat operace tak, aby se dalo použít jednoho upínacího přípravku pro několik operací.*
- c) *Obráběná plocha musí ležet co nejblíže k upínací ploše obráběcího stroje, aby byla zaručena stabilita strojního přípravku.*
- d) *Přípravek musí být tuhý, aby se nedeformoval působením řezných a upínacích sil.*
- e) *Poloha předmětů v přípravku má být zajištěna pevnými dorazy.*
- f) *Výslednice pracovních sil má působit pokud možno proti pevným dorazovým plochám.*
- g) *Obsluha má být jednoduchá a pohodlná.*
- h) *Při větší hmotnosti přípravku než 20kg, je nutné přípravek opatřit rukojeťmi nebo uchy pro snadné přemísťování a snímání ze stroje.*
- i) *Je potřeba pamatovat na odtok chladicí kapaliny a odpad třísek.*
- j) *Plochy, které jsou vystaveny opotřebení, musí být tvrdé. Někdy i vyměnitelné.*
- k) *Ostré hrany, které mohou přijít do styku s lidskou rukou, musí být zaobleny, aby se dělník nezranil.*
- l) *Vkládací prostor pro obrobek musí být upraven tak, aby se ruční manipulace konala z dostatečné vzdálenosti od nebezpečných částí stroje, nástrojů apod.*
- m) *Při konstrukci je vhodné co nejvíce používat normalizovaných součástí. Nejdříve je nutno se přesvědčit, zda by se pro daný případ nemohlo použít přípravek již hotového.*
- n) *Je vhodné řešit přípravek stavebnicově.*
- o) *Konstrukce přípravku nesmí připustit obrácené vložení předmětu.*

### 1.3 VLIV TŘÍSEK NA KONSTRUKCI PŘÍPRAVKŮ

Při konstrukci přípravků se nesmí také zapomenout na působení třísek a musí se vymyslet kam budou tyto třísky odpadávat. Třísky mohou způsobit různé nedostatky (např. změna polohy obrobku v přípravku, poškození upínacích součástí) a zavinit tak i zmetky obrobků. Odletující třísky mohou způsobit i těžké úrazy.

Odstranění třísek lze dosáhnout [5]:

- a) uspořádáním přípravku tak, aby třísky z něho padaly pokud možno vlastní hmotností nebo vyletovaly odstředivou silou,
- b) dírami ve stěnách přípravku,
- c) zešíkmením po němž mohou třísky klouzat,
- d) odstraněním prohlubenin, které by mohly bránit odchodu třísek,
- e) odstraněním obtížně přístupných vnitřních hran a koutů,
- f) vyvýšením ustavovacích ploch nad okolní plochy,
- g) správnou velikostí ložných a upínacích ploch.

Součásti přípravku vystavené vlivu třísek se pro zmenšení otěru kalí. Ochrany, zvláště pohyblivých součástí, se dosáhne jejich částečným nebo úplným vestavěním, zakrytím nebo stíracími ucpávkami.

### 1.4 VOLBA MATERIÁLU PRO PŘÍPRAVKY

Materiál přípravku musí plně vyhovovat všem požadavkům, které budou na přípravek kladeny (pevnost, pružnost, odolnost proti opotřebení atd.).

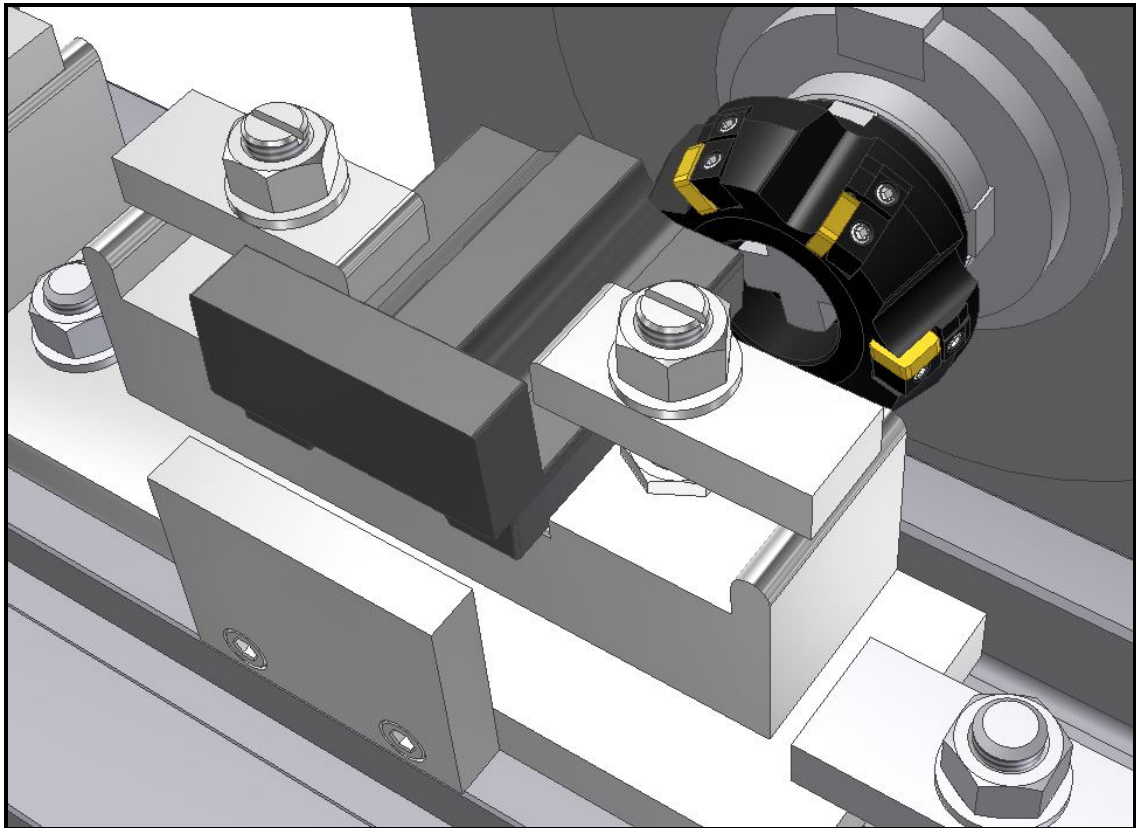
Hlediska, která rozhodují o volbě materiálu [5]:

- Namáhání, opotřebování, tvar a funkce uvažovaného přípravku,
- nejmenší stupeň obrobení přípravků,
- počet kusů vyráběných přípravků,
- pracovní prostředí, pro které je přípravek určen,
- požadovaná přesnost přípravku,
- cena a výrobní možnosti,
- hmotnost přípravku.

Všechny uvedené faktory je nutno při návrhu konstrukce respektovat, protože přípravek má umožnit nebo zrychlit výrobu. Náklady mají být pokud možno minimální, přesnost zpracovávaného obrobku co nejvyšší a opakovatelná.

## 2 TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY SOUČÁSTI (PODPĚRY)

### OPERACE č.1 – Frézovat základnu na rozměr 25mm



*Obr. 1 – Frézování základny*

**STROJ** – Frézka FGU 32 TOS OLOMOUC (viz příloha stroj)

**NÁSTROJ** – Čelní rovinná fréza (negativní),

TYP – ISO 80B05R-W75SN12N (viz příloha nástroje)

**VBD** – ISO SNHN1204 - H10 (K210)

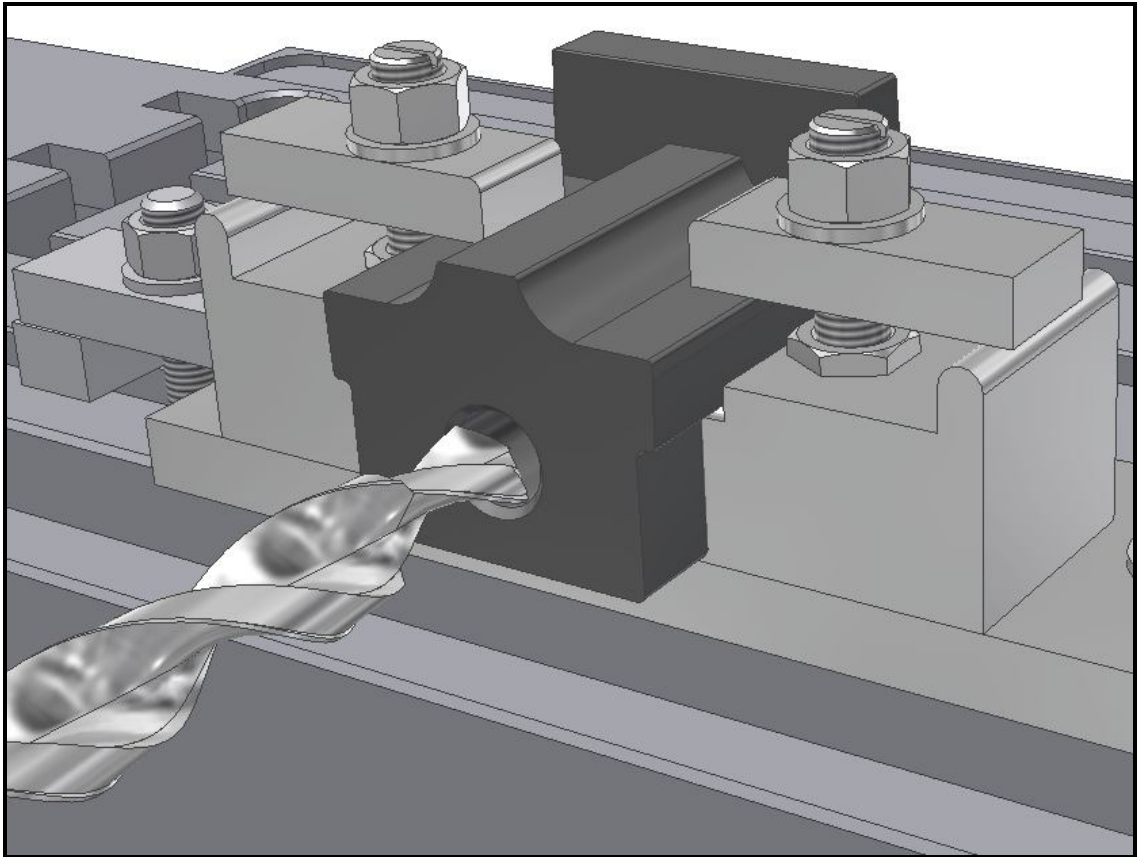
**MĚŘIDLO** – Posuvné měřítko 0-150mm

**UPNUTÍ OBROBKU** – Obrobek je upnut v přípravku (viz obr. 1), podrobný popis ustavení a upnutí viz kapitola 3 a 5 nebo alternativní řešení kapitola 12.

**ŘEZNÉ PARAMETRY** - Řezná rychlost  $v_c = 148 \text{ m/min}$

Posuv  $f = 210 \text{ mm/min}$

Hloubka řezu  $a_p = 4 \text{ mm}$

**OPERACE č.2** – Vrtat díru  $\varnothing 22$  mm + srazit hranu  $2 \times 45^\circ$ 

Obr. 2 – Vrtání díry  $\varnothing 22$  mm + sražení hrany  $2 \times 45^\circ$

**STROJ** – Frézka FGU 32 TOS OLOMOUC

**NÁSTROJ** – Válcový vrták  $\varnothing 27 / \varnothing 22$  mm s kuželovou stopkou, speciálně upravený pro sražení díry po odvrtání, ČSN 221140 HSS (viz příloha nástroje).

**MĚŘIDLO** – Posuvné měřítko 0-150mm

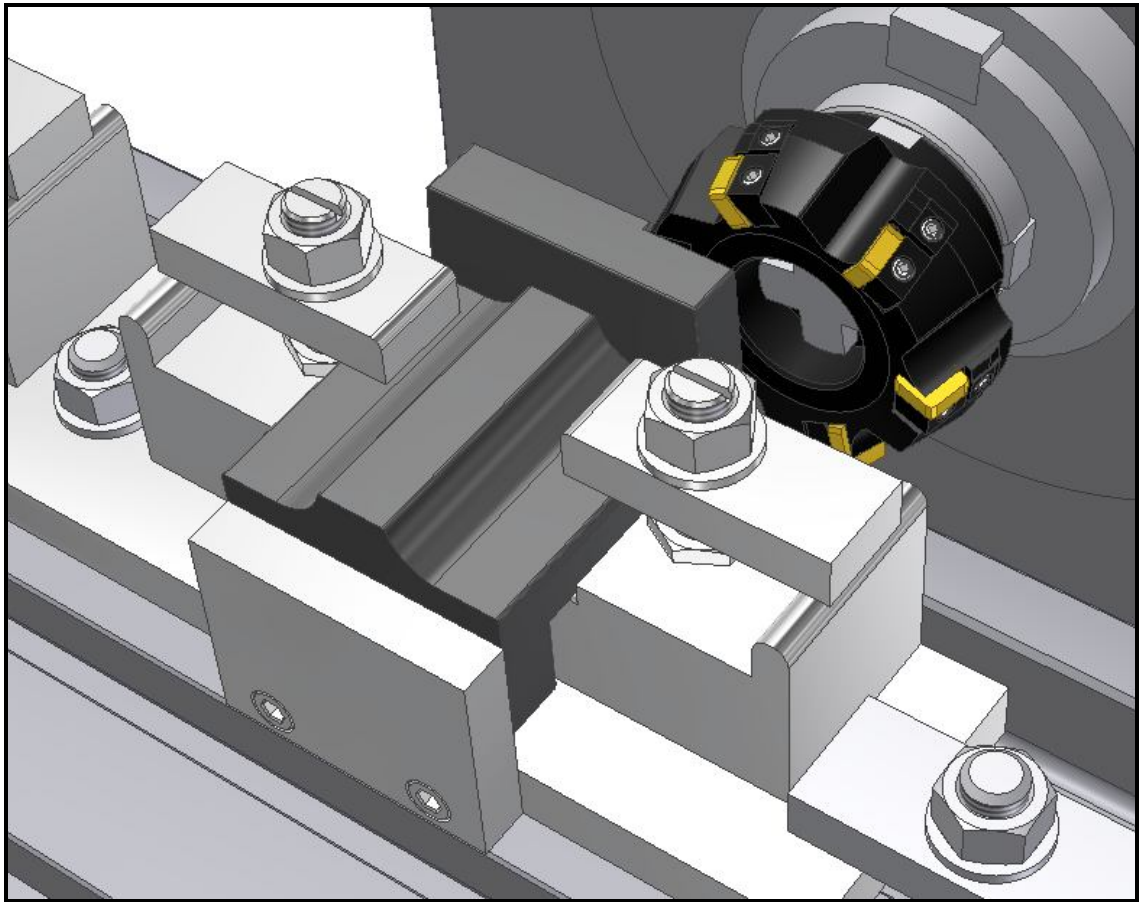
**UPNUTÍ OBROBKU** – Obrobek je upnut v přípravku (viz obr. 2), podrobný popis ustavení a upnutí viz kapitola 3 a 5 nebo alternativní řešení kapitola 12.

**ŘEZNÉ PARAMETRY** - Řezná rychlost  $v_c = 28$  m/min

Posuv  $f = 55$  mm/min

Hloubka řezu  $a_p = 25$  mm



**OPERACE č.3** – Hrubovat výšku podpěry na rozměr 100mm

*Obr. 3 – Hrubování výšky podpěry*

**STROJ** – Frézka FGU 32 TOS OLOMOUC

**NÁSTROJ** – Čelní rovinná fréza (negativní),  
TYP – ISO 80B05R-W75SN12N

**VBD** – ISO SNHN1204 - H10 (K210)

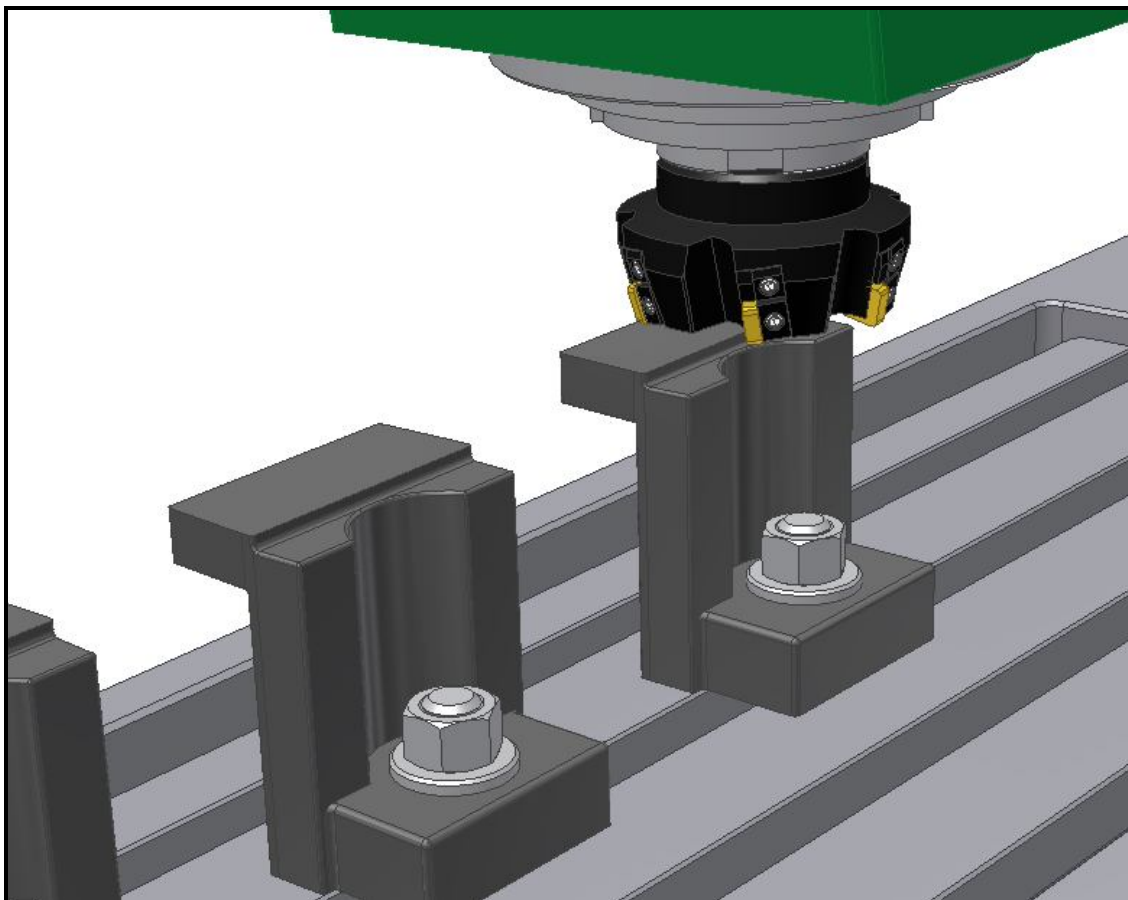
**MĚŘIDLO** – Posuvné měřítko 0-150mm

**UPNUTÍ OBROBKU** – Obrobek je upnut v přípravku (viz obr. 3), podrobný popis  
ustavení a upnutí viz kapitola 3 a 5 nebo alternativní řešení kapitola 12.

**ŘEZNÉ PARAMETRY** - Řzná rychlost  $v_c = 148 \text{ m/min}$

Posuv  $f = 210 \text{ mm/min}$

Hloubka řezu  $a_p = 3 \text{ mm}$

**OPERACE č.4** – Frézovat výšku podpěry na rozměr  $99^{+0,03}$  mm

*Obr. 4 – Frézování výšky podpěry na hotovo*

**STROJ** – Frézka FGU 32 TOS OLOMOUC

**NÁSTROJ** – Čelní rovinná fréza (negativní),  
TYP – ISO 80B05R-W75SN12N

**VBD** – ISO SNHN1204 - H10 (K210)

**MĚŘIDLO** – Posuvné měřítko 0-150 mm, Mikrometr 75-100mm

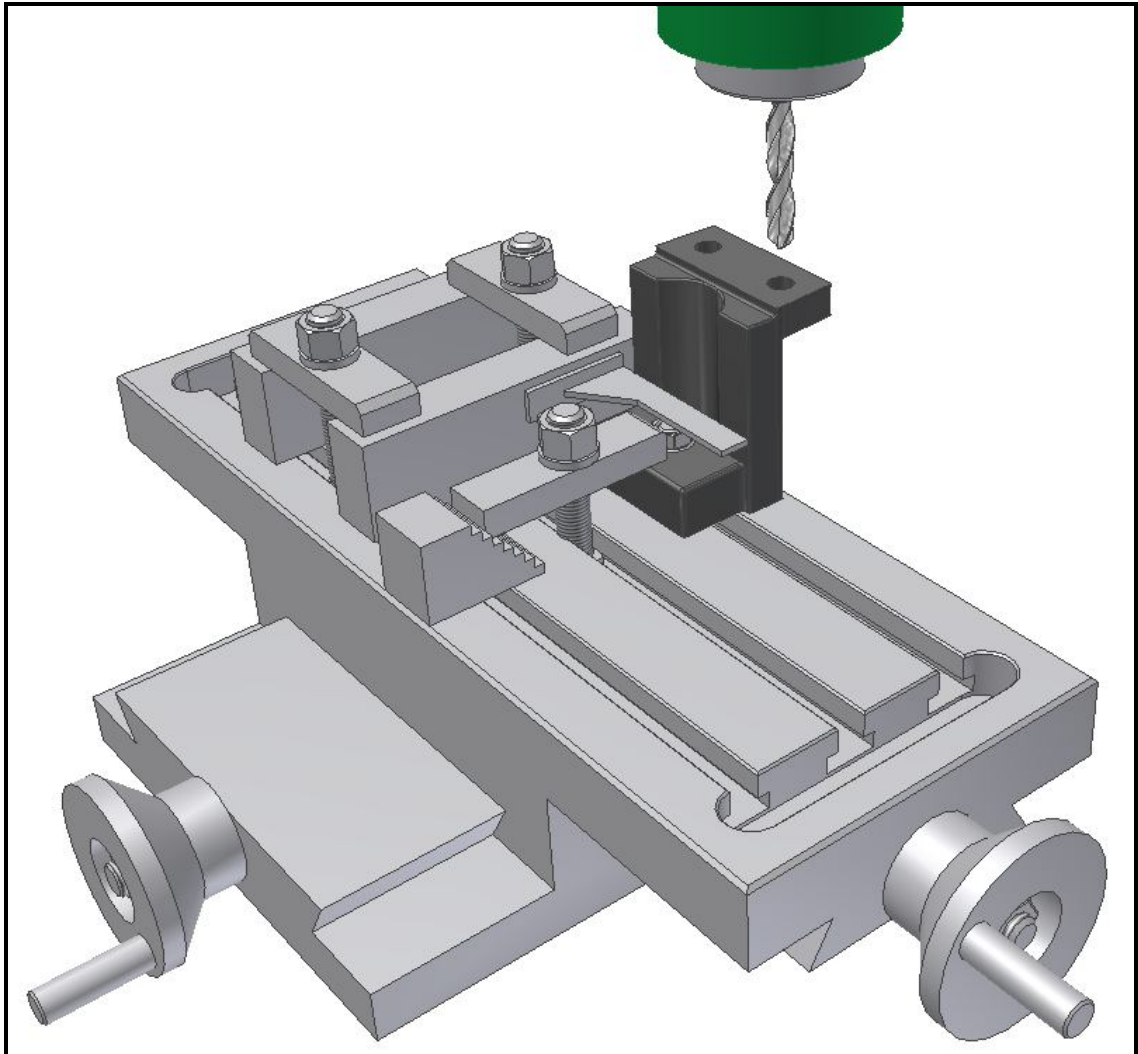
**UPNUTÍ OBROBKU** – Obrobek je upnut přímo na stůl frézky upínkami (ŠROUBY) se závitem M20 (viz obr. 4). Pro upnutí je použita díra  $\varnothing 22$ mm.

**ŘEZNÉ PARAMETRY** - Řezná rychlost  $v_c = 180$  m/min

Posuv  $f = 160$  mm/min

Hloubka řezu  $a_p = 1$  mm



**OPERACE č.5** – Vrtat dvě díry  $\varnothing 12$  mm

Obr. 5 – Vrtání dvou děr  $\varnothing 12$  mm

**STROJ** – Sloupová vrtačka VR20

**NÁSTROJ** – Válcový vrták  $\varnothing 12$ mm s kuželovou stopkou,  
ČSN 221140 HSS (viz příloha nástroje)

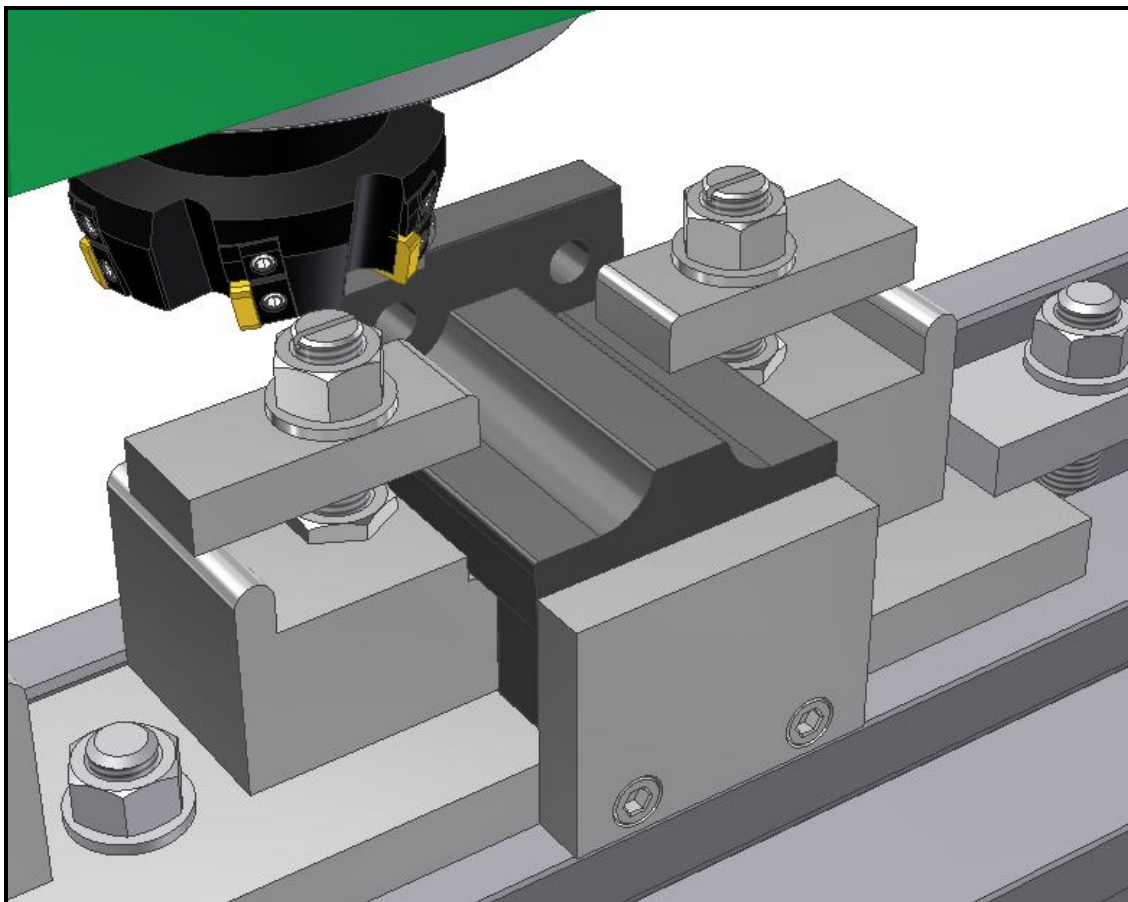
**MĚŘIDLO** – Posuvné měřítko 0-150 mm

**UPNUTÍ OBROBKU** – Na křížovém stole, pomocí středícího čepu  $\varnothing 22$ mm, který je upnut pomocí šroubu ke stolu (viz obr. 5). Obrobek je ustaven pomocí úhelníku do roviny a utažen upínkou. Díry se vrtají v rozteči 50mm.

**ŘEZNÉ PARAMETRY** - Řezná rychlost  $v_c = 27$  m/min

Posuv  $f = 0,08$  mm/min

Hloubka řezu  $a_p = 15$  mm

**OPERACE č.6** – Frézovat plochu na rozměr 12,5mm (dle výkresu)

*Obr. 6 – Frézování plochy na rozměr 12,5mm*

**STROJ** – Frézka FGU 32 TOS OLOMOUC

**NÁSTROJ** – Čelní rovinná fréza (negativní),  
TYP – ISO 80B05R-W75SN12N

**VBD** – ISO SNHN1204 - H10 (K210)

**MĚŘIDLO** – Posuvné měřítko 0-150 mm

**UPNUTÍ OBROBKU** – upnutí obrobku je stejné jako u třetí operace (obr. 6).

**ŘEZNÉ PARAMETRY** - Řezná rychlost  $v_c = 148 \text{ m/min}$   
Posuv  $f = 210 \text{ mm/min}$   
Hloubka řezu  $a_p = 3+1 \text{ mm}$

**OPERACE č.7** – Srazit hrany po obrábění  $0,5 \times 45^\circ$

**OPERACE č.8** – Kontrola rozměrů

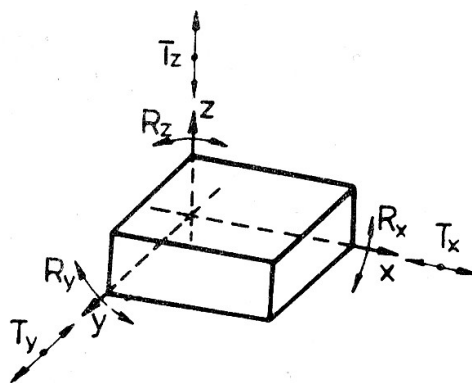
**OPERACE č.9** – Konzervace + balírna + expedice

### 3 USTAVENÍ OBROBKU PRO STANOVENÉ OPERACE

#### 3.1 PRINCIP USTAVENÍ

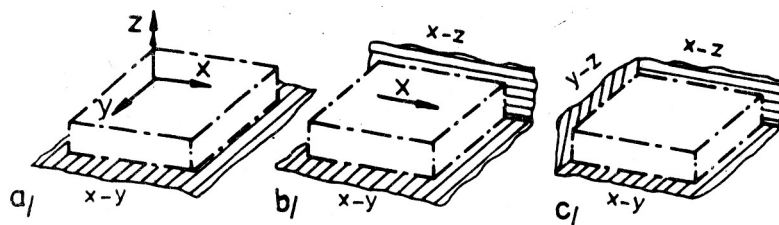
Ustavení lze definovat seřazením obrobku nebo nástroje do jednoznačné, požadované polohy pro provedení operace na příslušném výrobním zařízení [9]. Jen správně polohově ustavené obrobky zaručují požadovanou přesnost dle výkresu. Základy ustavení součásti v přípravku jsou odvozeny z teorie stupňů volnosti.

Těleso, které se může v prostoru volně pohybovat, má šest stupňů volnosti. Na obr. 7 je znázorněn kvádr, polohově orientovaný v kartézském souřadném systému. Takové těleso se může posouvat ve směru tří os – tři stupně volnosti – TRANSLAČNÍ. Otáčením kvádrů okolo tří os jsou určeny další tři stupně volnosti – ROTAČNÍ.



Obr. 7

Podle obr. 8a lze v rovině x-y posunout těleso ve směru os x a y a otočit okolo osy z, tím vymezuje rovina tělesu tři stupně volnosti. Přiřadíme-li druhou rovinu x-z obr. 8b ztratí těleso další dva stupně volnosti a to posun ve směru osy y a rotaci okolo osy z. Tělesu zůstává jen jeden stupeň volnosti ve směru osy x a ten je vymezen třetí rovinou y-z obr. 8c.



Obr. 8

Poloha tělesa je v prostoru fixována, jestliže má vymezeno šest stupňů volnosti. Ovšem vymezení šesti stupňů volnosti není požadováno u každého ustavení obrobku. Mimo to musí být zajištěn takový souřadnicový systém, ke kterému se vztahuje vymezení stupňů volnosti a to v určité poloze k nástroji.

### 3.2 KONSTRUKČNÍ ROVINA, USTAVUJÍCÍ ROVINA, OPĚRNÁ PLOCHA

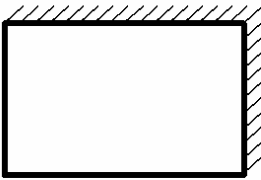
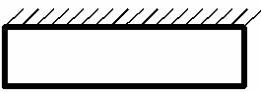
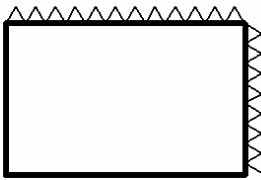

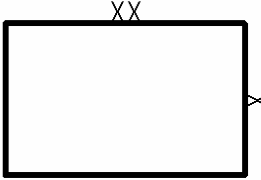
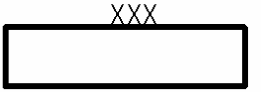
Každý obrobek je složkou stroje nebo přístroje, kde plní určitou funkci [9]. Zakótování rozměrů součásti je provedeno tak, aby později zajišťovalo její funkci. Rozměry jsou většinou vztaženy k určité rovině. Takovou rovinu, ke které konstruktér vztahuje určující rozměry součástí, značíme **konstrukční rovinou**, která je funkčně podmiňující plochou.

Jestliže bude plocha obrobku rozdílná od geometricky ideální roviny, je bezchybné ustavení podle konstrukční roviny nespílitelné. Proto se musí vytvořit rovina, která je odchýlná od roviny konstrukční. Takovou rovinu definujeme jako **ustavující**, je zpravidla rovinou kontaktu obrobku s opěrnými elementy přípravku. Ustavující rovina je výrobně podmiňující plochou.

Roviny, které se v určité situaci stýkají při ustavení s obrobkem, resp. nástrojem, lze označit jako **plochy opěrné**. Opěrné plochy určuje konstruktér přípravku a tím se rozlišují od ustavujících rovin. Je žádoucí, aby ustavující rovina i teoretická opěrná plocha byla shodná s rovinou konstrukční. Tím se zmenší zmetkovitost výrobků.

Neshoduje-li se ustavující rovina s rovinou konstrukční, vznikají na obrobku po ustavení chyby I. řádu – VĚTŠÍ. Naopak, jsou-li konstrukční a ustavující roviny teoreticky shodné, pak chyby jsou vyvozeny geometricky nepřesnými opěrnými plochami. Takové chyby značíme II. Řádu – MENŠÍ.

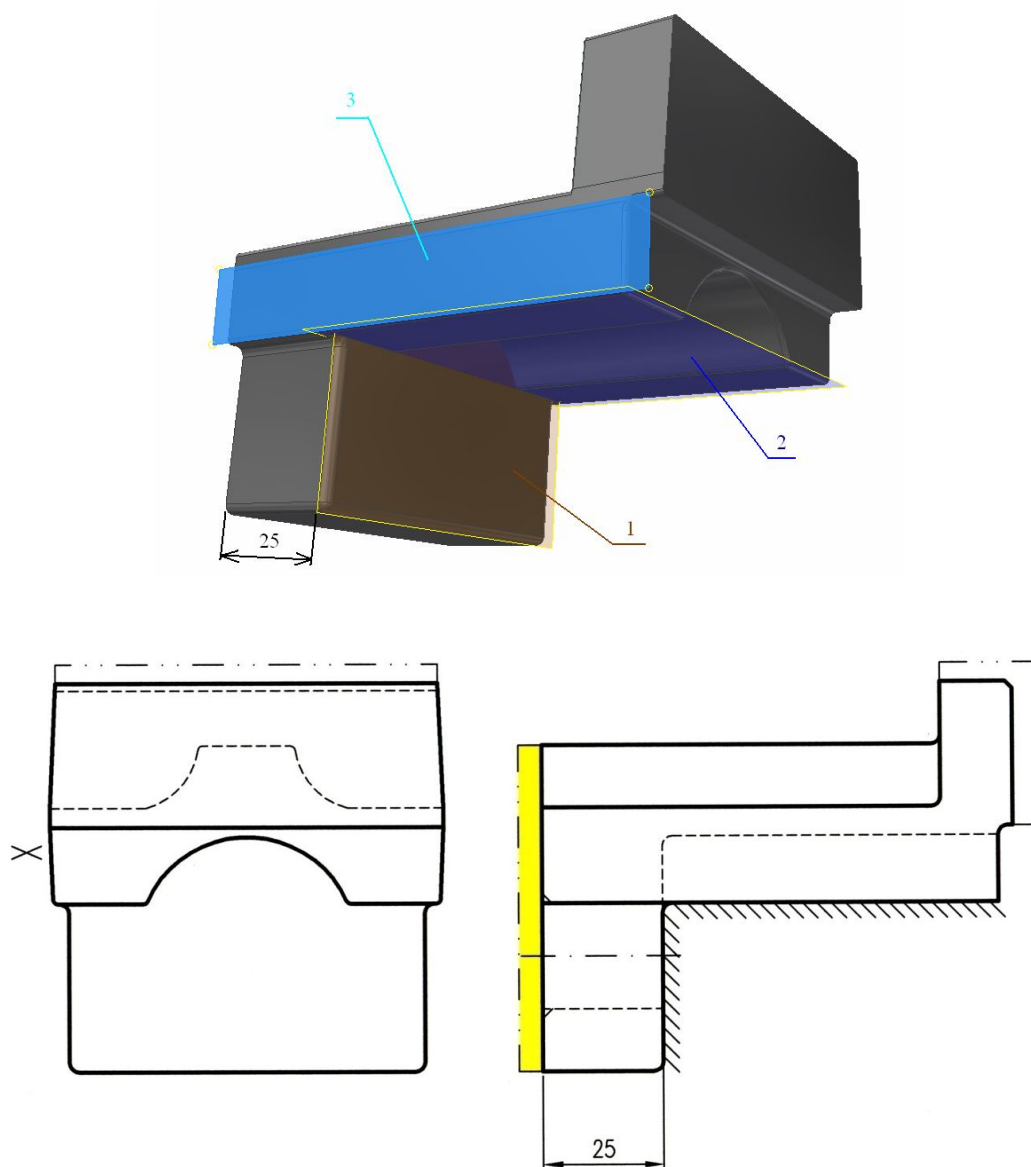
V tabulce č. 1 [9] vidíte značení jednotlivých rovin a ploch.

Konstrukční roviny	Ustavující roviny	Opěrné plochy
 	 	  XXX — tři stupně volnosti XX — dva stupně volnosti X — jeden stupeň volnosti

Tab. 1 – Značení

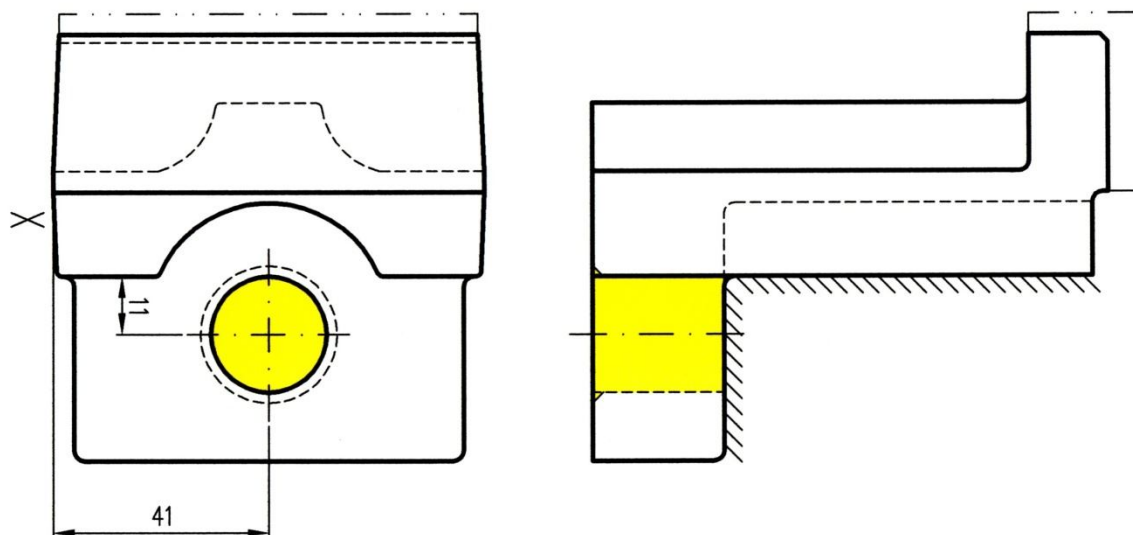
### 3.3 USTAVENÍ PODPĚRY PRO OPERACE č.1, č.2, č.3, č.6.

V mém případě ustavení obrobku (podpěry) pro *první operaci* jsem vycházel z toho, že základna podpěry musí mít výšku 25mm, kterých se dosáhne ofrézováním asi 4mm materiálu. Pro tuto první operaci jsem zvolil konstrukční rovinu označenou 1 (obr. 9), od které je daný rozměr zakótován. Dále jsem zvolil druhou konstrukční rovinu 2, která je důležitá z důvodu dosažení kolmosti vůči obráběné ploše základny. Obě tyto roviny jsou shodné s rovinami ustavujícími, proto chyby které se objeví, jsou vyvozeny geometricky nepřesnými opěrnými plochami a řadíme je mezi chyby II.řádu. Rovina 3 je rovinou opěrnou pro odebrání posledního stupně volnosti, tím je obrobek v přípravku zbaven všech 6 stupňů volnosti (obráběná vrstva materiálu je na obrázcích značena žlutě).



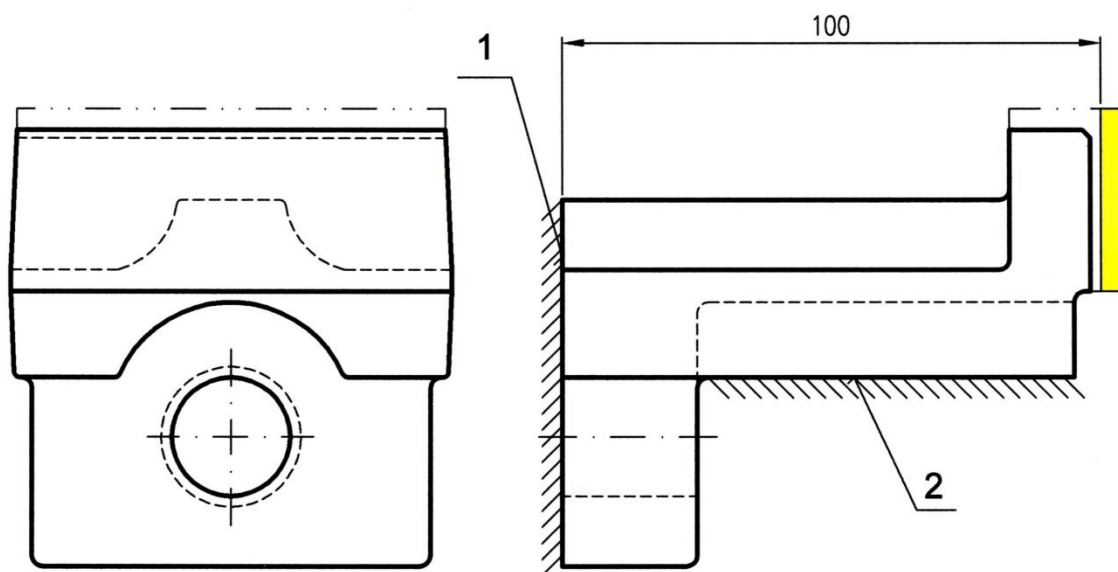
Obr. 9

U **druhé operace** vrtání díry  $\varnothing 22$  mm je obrobek ustaven v přípravku stejně jako u první operace. Díra je kotována od konstrukční roviny a střed díry je kotován od opěrné plochy (obr. 10). Případné chyby jsou II řádu.



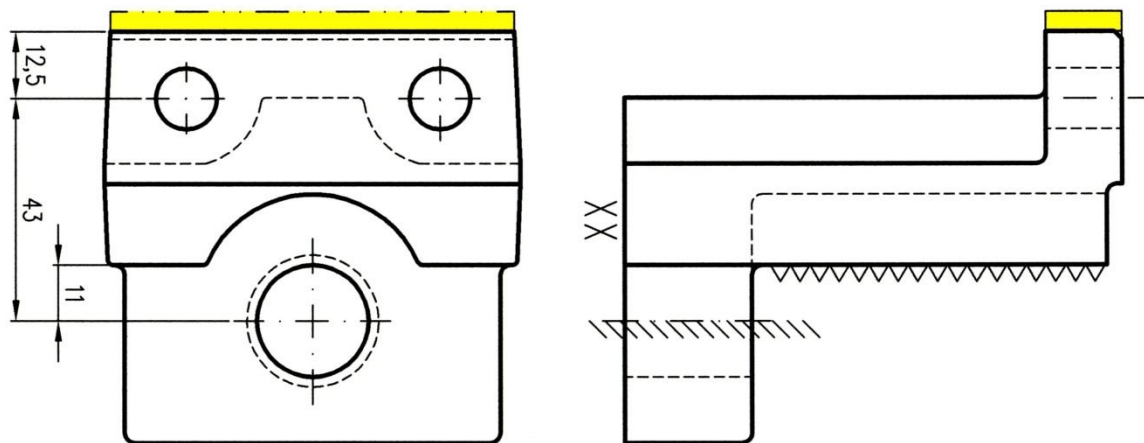
Obr. 10

Pro **třetí operaci** použijí stejný přípravek, pouze obrobek otočím o  $180^\circ$ , abych mohl vyhrubovat výšku podpěry na rozměr 100mm. Konstrukční rovinu 1 v tomto případě tvoří plocha základny, od které je zakótována výška (obr. 11). Druhou konstrukční rovinu a zároveň ustavující tvoří jako u první operace rovina 2. U této operace je důležité, aby obrobek dosedl konstrukční plochou 1 na doraz přípravku, který udává rovnoběžnou polohu obrobku vůči nástroji. Případné chyby jsou II řádu.



Obr. 11

V přípravku je možno vyhotovit také **šestou operaci**. Ustavení obrobku je stejné jako u třetí operace. Ovšem rozměrově je tato operace přeúčtená, poněvadž se konstrukční rovina neshoduje s ustavující rovinou (obr. 12). Rozměr je kótován od díry. Tím zde mohou vznikat chyby I. Řádu (viz kapitola 4). Jiné ustavení obrobku pro vyhotovení této operace nelze použít (více viz kapitola 4).



Obr. 12

#### 4 KONTROLA PŘESNOSTI USTAVENÍ

Přípravky určené k upnutí obrobku určují jednoznačně vzájemnou polohu řezného nástroje a obrobku, tj. jak před obráběním, tak i v průběhu vlastního obráběcího procesu. Při určování chyb, které mohou nastat upnutím obrobku v přípravku je nutno vycházet ze způsobu výroby, tj. ze způsobu seřízení řezného nástroje vůči obrobku. Rozeznáváme dva způsoby ustavení nástroje vůči obrobku [14]:

- individuální**, kdy požadovaný rozměr je získán vždy novým seřízením nástroje a proměřením obrobku.
- jednorázový**, kdy požadovaný rozměr se obdrží pouze při jednom seřízení nástroje pro celou sérii obrobků.

Při rozboru vlivu přípravků na přesnost výroby nutno hodnotit nezávisle přesnost vlastního přípravku, s ním spojené nepřesnosti výroby součásti a vliv tuhosti přípravku. Působením řezných odporů nebo jejich změnou mohou nastat nežádoucí deformace, které nepříznivě ovlivňují výslednou přesnost obrobku. Přípravek jako celek a jeho jednotlivé části musí být vyrobeny dle požadované přesnosti (viz výkresy), aby nedocházelo při vlastním procesu obrábění k tvorbě zmetků.

Pro přibližné stanovení dovolené nepřesnosti ustavení obrobku lze použít vztah [14]:

$$\Delta_{\max} = \delta - \Delta \quad [mm] \quad (4)$$

kde  $\Delta_{\max}$  je dovolená nepřesnost ustavení obrobku,

$\delta$  je tolerance rozměru obrobku (mm),

$\Delta$  celková nepřesnost (mm) určená z tabulek s ohledem na střední hospodárnou nepřesnost (jsou to hodnoty určené statisticky a shrnuté v tab. 2 a 3)

Skutečná nepřesnost ustavení musí být menší než dovolená nepřesnost ustavení:

$$\Delta_{us} \leq \Delta_{\max} \quad [mm] \quad (5)$$

Druh obrábění	Přesnost	Délka obrobeného povrchu v mm							Obrábění drážek		
		do120	120-360		360-500		500-1000				
		Šířka obrobeného povrchu v mm							Šířka drážky v mm		
		do 120	do 120	120 až 360	do 120	120 až 360	do 120	120 až 360	6 až 10	12 až 18	20 až 30
Válcové frézování	na hrubo	0,20	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,50			
	na čisto	0,10	0,15	0,18	0,18	0,20	0,20	0,25			
Čelní frézování	na hrubo	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,10	0,12	0,13
	na čisto	0,08	0,12	0,15	0,15	0,18	0,18	0,20	0,05	0,06	0,06
Hoblování	na hrubo	0,20	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,50	0,10	0,15	0,20
	na čisto	0,10	0,15	0,18	0,20	0,20	0,20	0,20	0,03	0,04	0,05
Obrážení	na hrubo	0,25	0,35	0,40					0,10	0,15	0,20
	na čisto	0,15	0,18	0,20					0,03	0,04	0,05
Broušení	na hrubo	0,04	0,06	0,08	0,08	0,09	0,09	0,12	0,12	0,12	0,18
	na čisto	0,03	0,05	0,07	0,07	0,08	0,08	0,10	0,06	0,06	0,07
	velmi jemné broušení								0,01	0,015	0,02
		0,025	0,025	0,035	0,035	0,04	0,04	0,05			

Tab. 2 – Střední hospodárná nepřesnost rozměrů [14]

Rozměr		Obrábění děr do l = 300 mm					Obrábění děr na l = 300 mm		
		Vrtání		Vyhrubování	Vystružování	Jemné vyvrtávání	Soustružení	Vyhrubování	Vystružování
nad	do	Bez přípravku	S přípravkem						
	10	0,20	0,10		0,20				
10	30	0,25	0,20	0,125	0,030	0,010			
30	50	0,35	0,25	0,15	0,035	0,015	0,35	0,20	0,050
50	80	0,45	0,30	0,15	0,040	0,018	0,40	0,25	0,080
80	120			0,20	0,045	0,021	0,45	0,25	0,080
120	180			0,20	0,050	0,024	0,50	0,30	0,100
180	250			0,25	0,060	0,027	0,55	0,30	0,120

Tab. 3 – Střední hospodárná přesnost rozměrů děr [14]



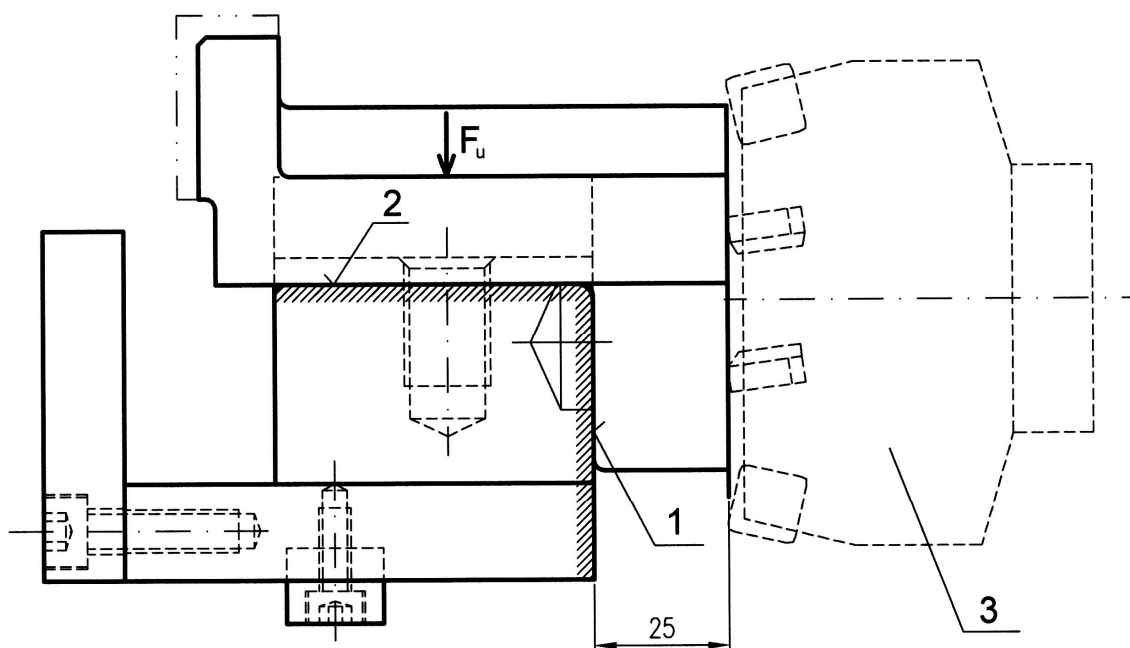
#### 4.1 KONTROLA PŘESNOSTI USTAVENÍ OBROBKU PRO PRVNÍ OPERACI

U této operace je konstrukční rovina, pro obrobení netolerovaného rozměru 25 mm, jenž má dle ČSN ISO 2768 toleranci  $\pm 0,2$  mm (střední třída přesnosti m), shodná s ustavující rovinou 1 (obr. 13). Chyba ustavení obrobku je v tomto případě rovna nule a nemá vliv na celkovou přesnost předepsaného rozměru, tj. na předepsaný rozměr 25 mm. Rovina 2 ustavuje obrobek kolmo vůči nástroji 3 (více viz 3 kapitola). Tyto dvě roviny přípravku musí být proto vyrobeny v požadované přesnosti (viz výkresy). Nástroj je nastaven vůči obrobku jednorázově, kdy požadovaný rozměr se obdrží pouze při jednom seřízení nástroje pro celou sérii obrobků.

**Dovolená nepřesnost ustavení obrobku:**

$$\Delta_{\max} = \delta - \Delta = 0,40 - 0,15 = \underline{\underline{0,25\text{mm}}}$$

$$\Delta_{sk} \leq \Delta_{\max} \Rightarrow 0 \leq 0,25 \Rightarrow \underline{\underline{\text{vyhovuje}}}$$



Obr. 13

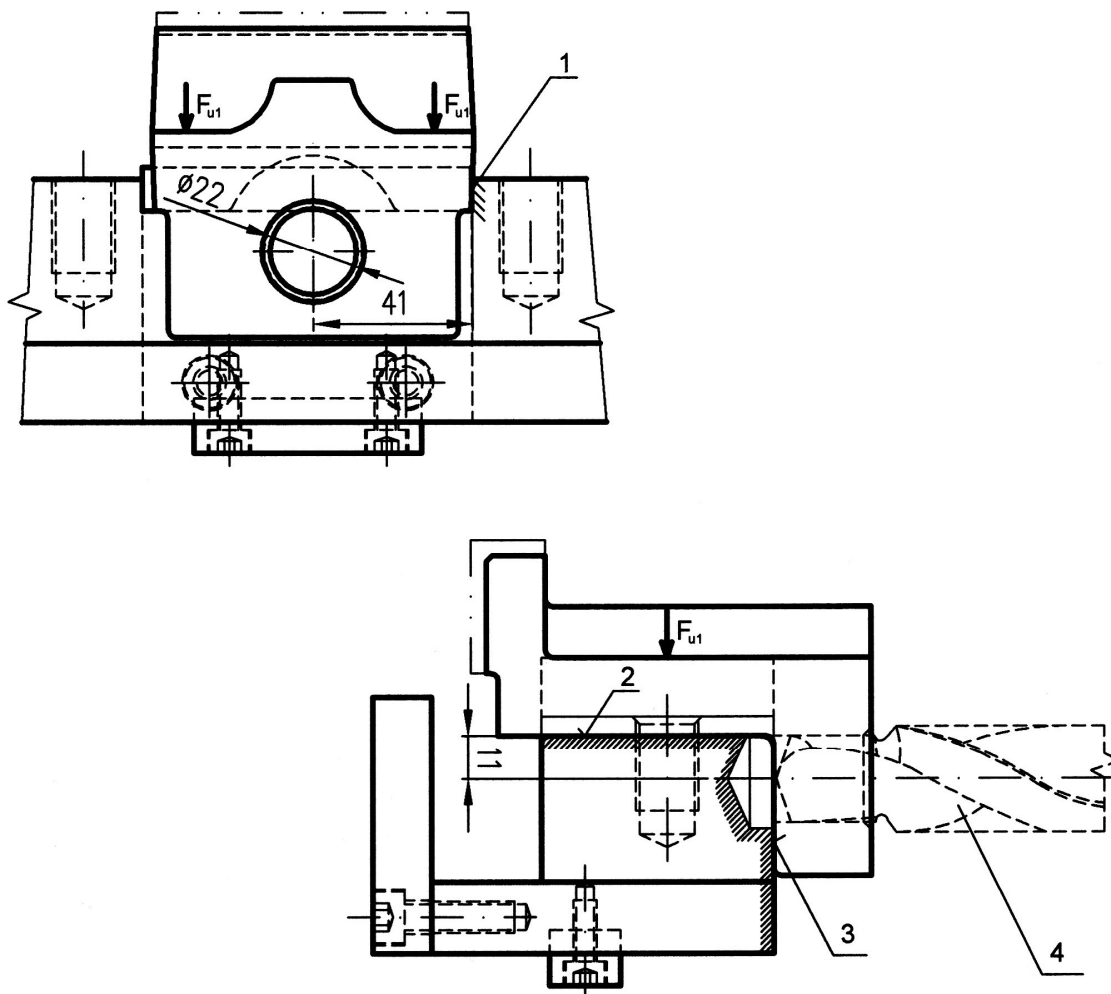
#### 4.2 KONTROLA PŘESNOSTI USTAVENÍ OBROBKU PRO DRUHOU OPERACI

U druhé operace je obrobek ustaven stejně jako u první. Díra je kotována od konstrukční roviny 2 (netolerovaný rozměr 11mm má dle ČSN ISO 2768 toleranci  $\pm 0,2$  mm) a střed díry je kotován od opěrné konstrukční plochy 1 (netolerovaný rozměr 41mm má dle ČSN ISO 2768 toleranci  $\pm 0,2$  mm). Chyba ustavení obrobku je opět rovna nule, protože konstrukční rovina se shoduje s ustavující. Pro výjezd vrtáku 4 z obrobku je v rovině 3 díra, aby při vrtání díry vrták nevnikl do přípravku. Také pro tuto operaci je nástroj nastaven vůči obrobku jednorázově.

**Dovolená nepřesnost ustavení obrobku:**

**11mm:**  $\Delta_{\max} = \delta - \Delta = 0,40 - 0,20 = \underline{\underline{0,20mm}}$   $\Delta_{sk} \leq \Delta_{\max} \Rightarrow 0 \leq 0,20 \Rightarrow \underline{\underline{vyhovuje}}$

**41mm:**  $\Delta_{\max} = \delta - \Delta = 0,40 - 0,20 = \underline{\underline{0,20mm}}$   $\Delta_{sk} \leq \Delta_{\max} \Rightarrow 0 \leq 0,20 \Rightarrow \underline{\underline{vyhovuje}}$



Obr. 14

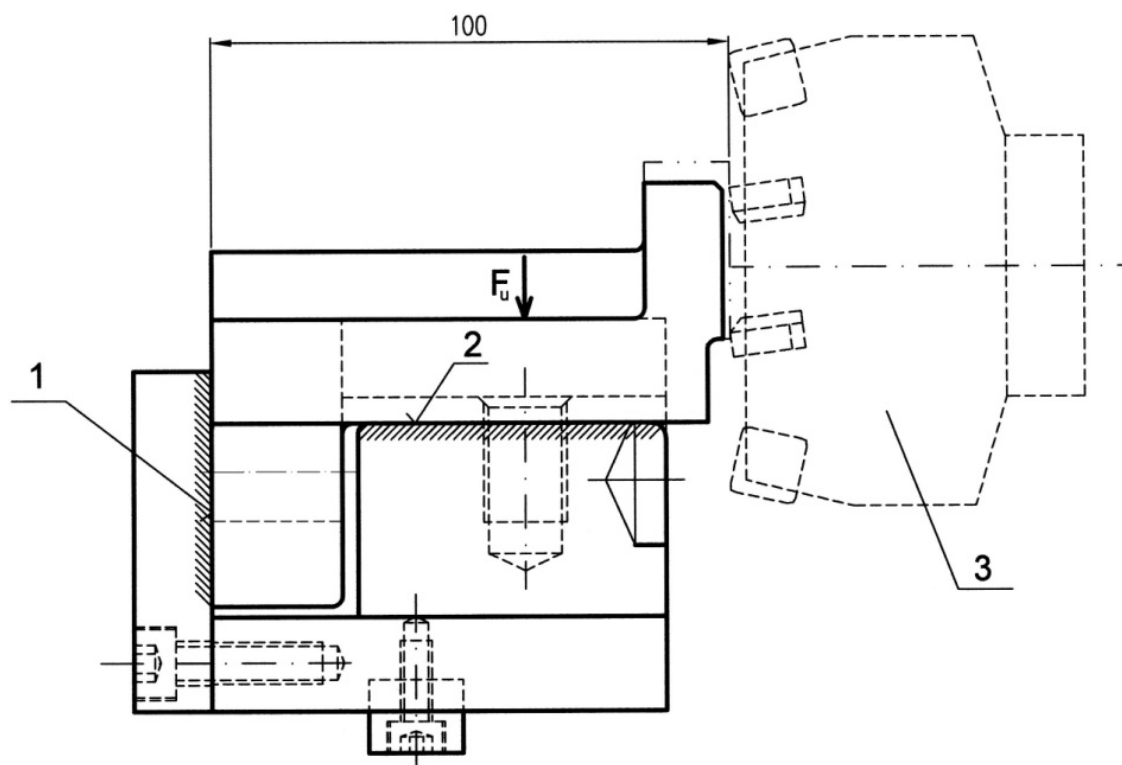
#### 4.3 KONTROLA PŘESNOSTI USTAVENÍ OBROBKU PRO TŘETÍ OPERACI

Pro třetí operaci je obrobek ustaven v přípravku tak, že je otočen o 180°. Konstrukční rovina 1 (viz obr. 15) je totožná s ustavující rovinou, od které je zakótován rozměr 100mm (rozměr 100mm má dle ČSN ISO 2768 toleranci  $\pm 0,30$  mm). Chyba ustavení obrobku je rovna nule, tj. nemá vliv na předepsaný rozměr 100mm. Ustavení obrobku vůči nástroji je jednorázové.

**Dovolená nepřesnost ustavení obrobku:**

$$\Delta_{\max} = \delta - \Delta = 0,6 - 0,15 = \underline{\underline{0,45\text{mm}}}$$

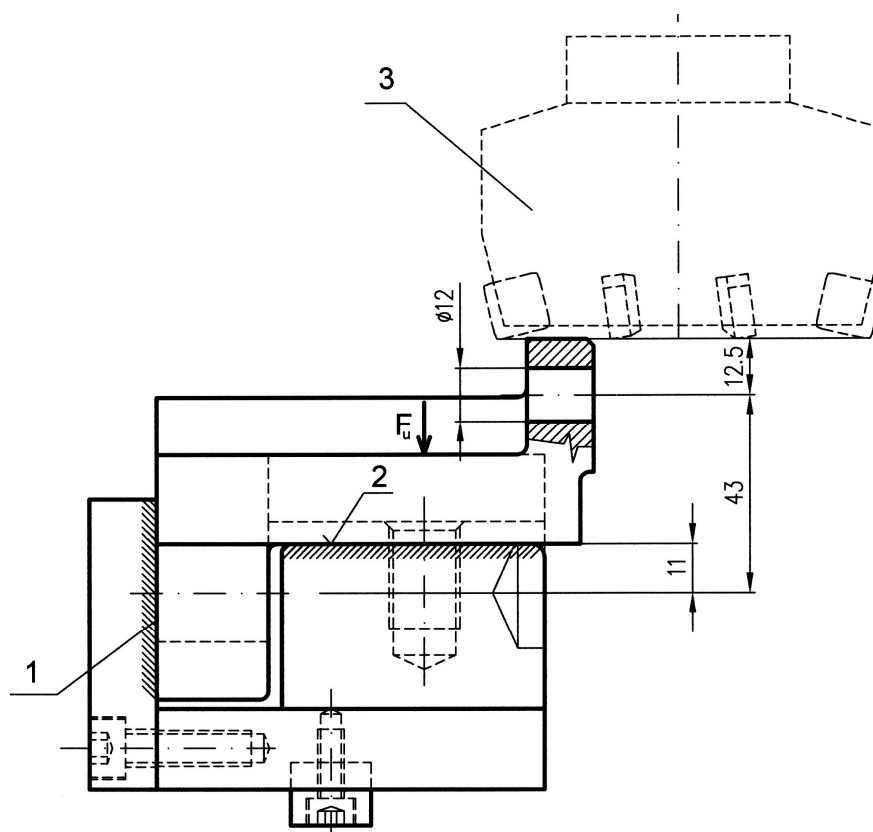
$$\Delta_{sk} \leq \Delta_{\max} \Rightarrow 0 \leq 0,45 \Rightarrow \underline{\underline{\text{vyhovuje}}}$$



Obr. 15

#### 4.4 KONTROLA PŘESNOSTI USTAVENÍ OBROBKU PRO ŠESTOU OPERACI

U této operace se nedá mluvit o jednorázovém ustavení obrobku v přípravku vůči nástroji, jako tomu bylo u předešlých tří operací. Poloha nástroje 3 vůči ustavující rovině 2 je zakótována třemi rozměry (viz obr. 16 na další straně), čímž vzniká přeúčtení – chyba I.řádu. Při přepočítání tolerancí těchto tří rozměrů se nepřesnost ustavení pohybuje v rozmezí  $\pm 0,35$ mm, což není přípustné. Proto zde navrhuji individuální ustavení nástroje vůči obrobku, kdy požadovaný rozměr je získán vždy novým seřízením a proměřením obrobku (tzn. první tříska 3 mm – přeměření – druhá tříska na hotovo).



Obr. 16

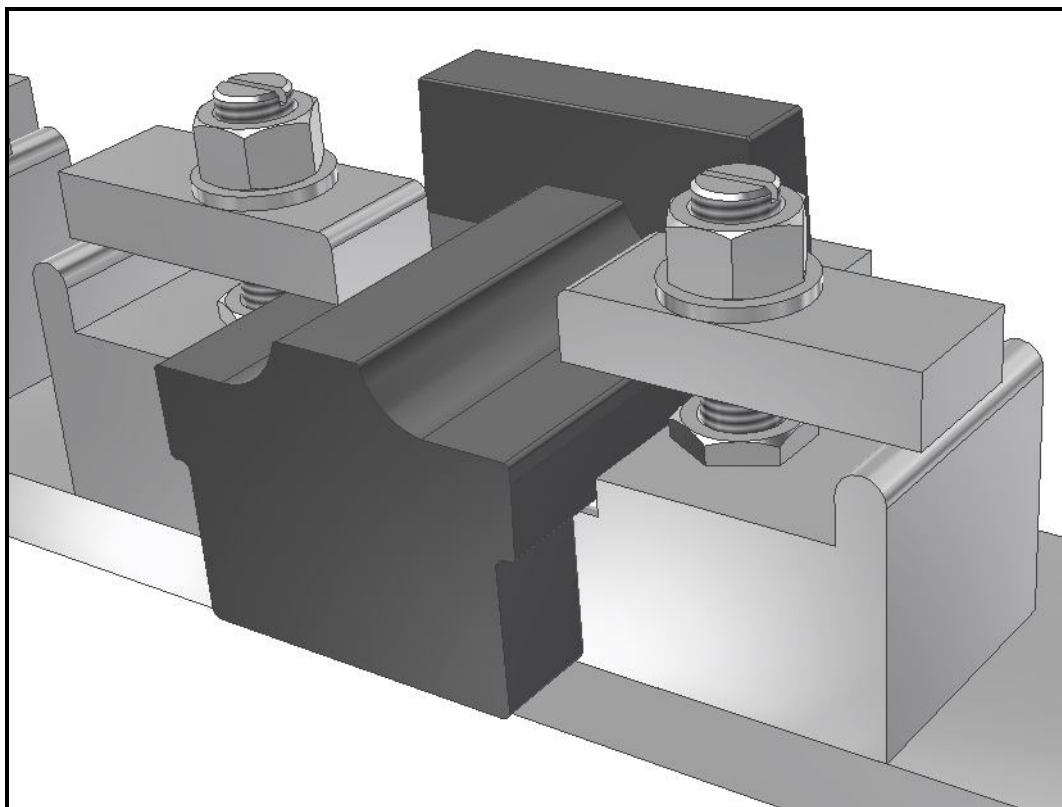
## 5 ROZBOR UPNUTÍ OBROBKU

Upnutí obrobku musí být spolehlivé, zajišťovat ustavenou polohu obrobku vůči nástroji během výroby. Řezné a jiné síly, které působí během výroby na obrobek, nesmí odtrhnout obrobek od opěrných elementů a nesmí obrobek deformovat. Tyto síly také nesmí vyvolávat chvění obrobku, poněvadž se snižuje kvalita obrobené plochy a zvyšuje se nepřesnost.

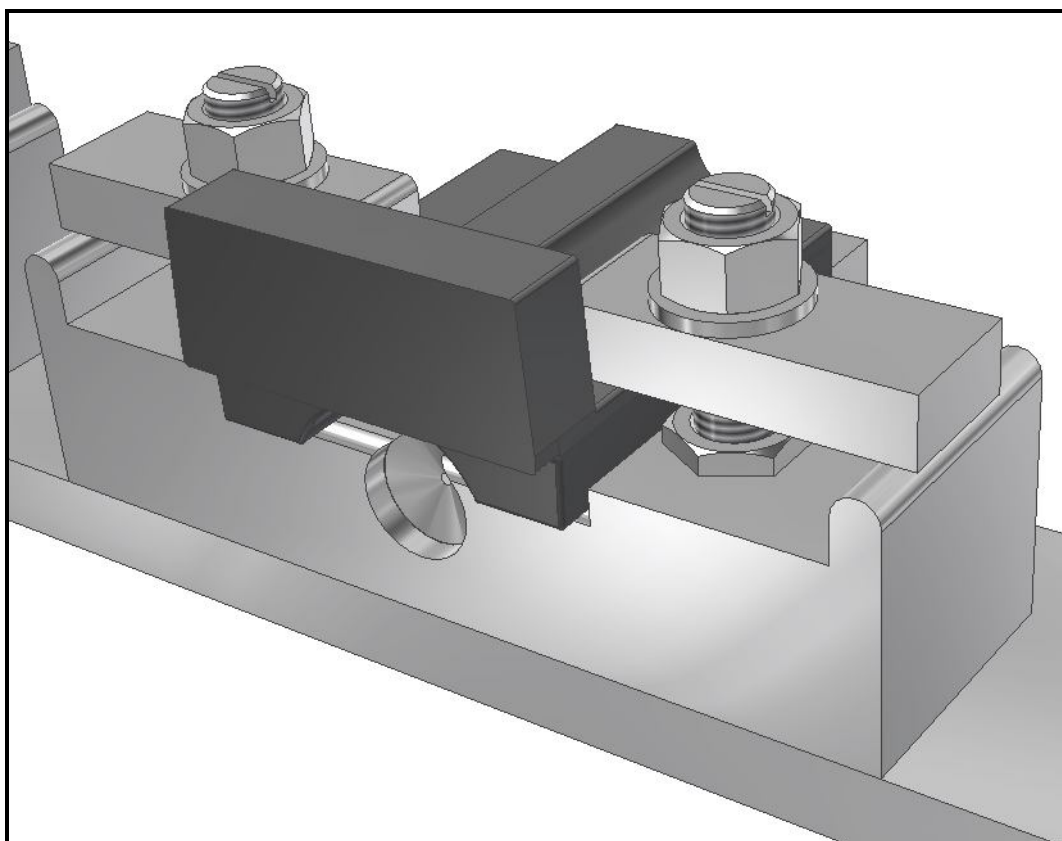
Upínací prvky jsou konstrukční elementy, které zajišťují upínání. V mém případě upnutí obrobku jsem zvolil elementy pro silový převod – UPÍNKY.

Upínky jsou v podstatě dvouramenné páky. Upínkou lze změnit velikost a směr upínací síly a přenést upínací sílu do nejvhodnějšího místa. Upínkami je možné rozdělit upínací sílu a zároveň i usnadnit vkládání a vyjímání obrobku. Různé tvary normovaných upínek jsou obsaženy v ČSN 24 3650 až 24 3661.

Já jsem navrhl tyto dvě upínky (viz obr. 17 a 18), pro dostatečně tuhé upnutí obrobku všech čtyř operací (1,2,3 a 6). Pro 3 a 6 operaci se obrobek otočí v přípravku o 180°. Výpočet upínacích sil je v kapitole 6. Rozměry těchto upínek a šroubů naleznete v příloze výkresy.



*Obr. 17 – Upnutí obrobku pro první a druhou operaci*



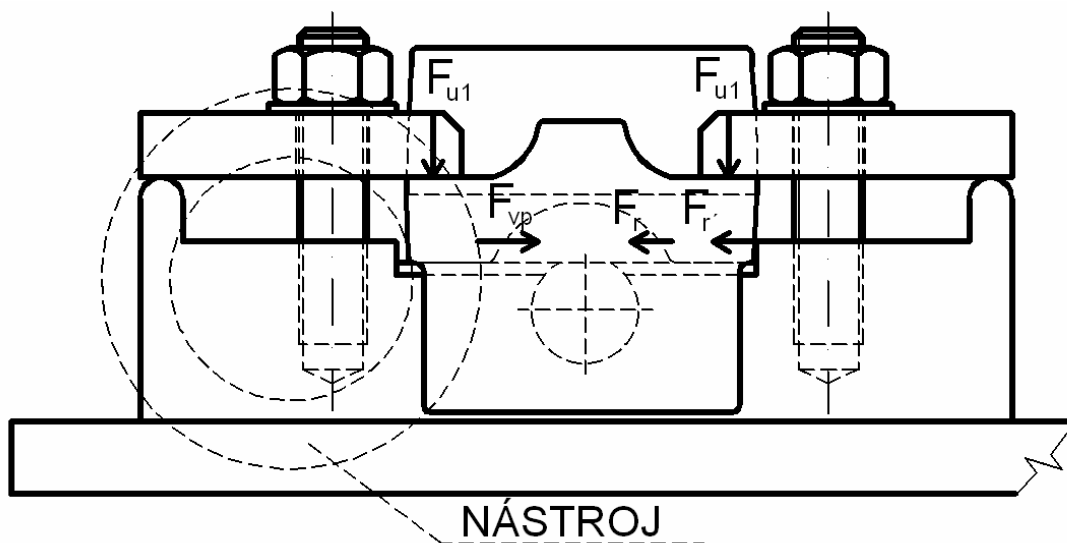
*Obr. 18 – Upnutí obrobku pro třetí a šestou operaci*

## 6 STANOVENÍ ŘEZNÝCH A UPÍNACÍCH SIL

Řezné a jiné síly, které působí během výroby na obrobek, nesmí odtrhnout obrobek od opěrných elementů a nesmí obrobek deformovat. Není žádoucí, aby tyto síly vyvolávaly chvění obrobku, což by mohlo vést ke zhoršení kvality nástroje, stroje a k celkové nepřesnosti výroby. Než začneme s konstrukcí upínacích prvků, musíme si ujasnit, zda bude síla upínací  $F_u$  působit ve stejném směru se silami řeznými ( $F_z=F_c$ ,  $F_y$  atd.) nebo zda jsou na sebe kolmé. V druhém případě je pak reakce  $F_r$  třecí silou, která je funkcí síly upínací  $F_u$ . Proto platí podmínka statické rovnováhy:  $F_r = F_{vp}$ . Při odebrání šesti stupňů volnosti obrobku ještě působí od opěrné plochy reakce  $F_r' \Rightarrow F_r' + F_r = F_{vp}$ .

### 6.1 ŘEZNÉ A UPÍNACÍ SÍLY PRVNÍ OPERACE

U první operace obrábění plochy základny podpěry, kdy se jedná o čelní frézování, nástroj bude působit na obrobek výpočetní silou  $F_{vp}$  ve směru posuvu. Proti této síle působí třecí síla  $F_r$  a od opěrné plochy reakce  $F_r'$  (viz obr. 19), protože ustavený obrobek má vymezených šest stupňů volnosti. Upínací síly  $F_{u1}$  působí ve směru kolmém na tyto síly.



Obr. 19

Síla  $F_{vp}$  je násobkem složky hlavní řezné síly  $F_c$  a bude označována jako síla výpočetní. Její velikost se určí ze vztahu [9]:

$$F_{vp} = q_1 \cdot q_2 \cdot F_c \quad [N] \quad (6)$$

kde  $q_1$ ...je rázový součinitel – zvětšuje řeznou sílu při náběhu do řezu, pro frézování je 1,4

$q_2$ ...je bezpečnostní součinitel, který se dosazuje jen tehdy, když je obrobek upnut silově a je 2.

Reakce  $F_{r'}$  se vypočítá:

$$\boxed{F_{r'} = 2 \cdot F_c = q_2 \cdot F_c} \quad [N] \quad (7)$$

Podmínka statické rovnováhy sil je potom:

$$\begin{aligned} \boxed{F_{r'} + F_r} &= F_{vp} \\ \boxed{F_r} &= F_{vp} - F_{r'} \\ \boxed{F_r} &= q_1 \cdot q_2 \cdot F_c - q_2 \cdot F_c = q_2 \cdot F_c \cdot (q_1 - 1) \end{aligned} \quad (8)$$

Protože síla  $F_r$  je funkcí upínacích sil a síly jsou vzájemně kolmé, musí platit:

$$\boxed{q_2 \cdot F_c \cdot (q_1 - 1) = 2 \cdot F_u \cdot \mu} \quad (9)$$

Celková upínací síla pak bude:

$$\boxed{F_u = \frac{q_2 \cdot F_c \cdot (q_1 - 1)}{2 \cdot \mu}} \quad [N] \quad \text{a z toho} \quad \boxed{F_{u1} = \frac{F_u}{2}} \quad (10)$$

kde  $\mu$ ...součinitel tření, pro suché tření za klidu je rovno 0,2

Pro stanovení upínacích sil si musím nejdříve určit složku řezné síly. Pro čelní frézování lze tato složka  $F_c$  vypočítat více způsoby. Zvolil jsem výpočet pomocí měrného řezného odporu, její velikost se určí ze vztahu [1]:

$$\boxed{r = \frac{F_c}{S} = \frac{F_c}{h \cdot S} = \frac{F_c}{b \cdot a}} \Rightarrow \boxed{F_c = r \cdot a \cdot b} \quad [N] \quad (11)$$

kde  $S$ ...je průřez třísky [ $\text{mm}^2$ ],

a...tloušťka třísky[mm],

b...šířka třísky[mm]

$$r = \frac{F_c}{S} \Rightarrow F_c = r \cdot a \cdot b = 2080 \cdot 4 \cdot 0,06 = \underline{\underline{500N}}$$

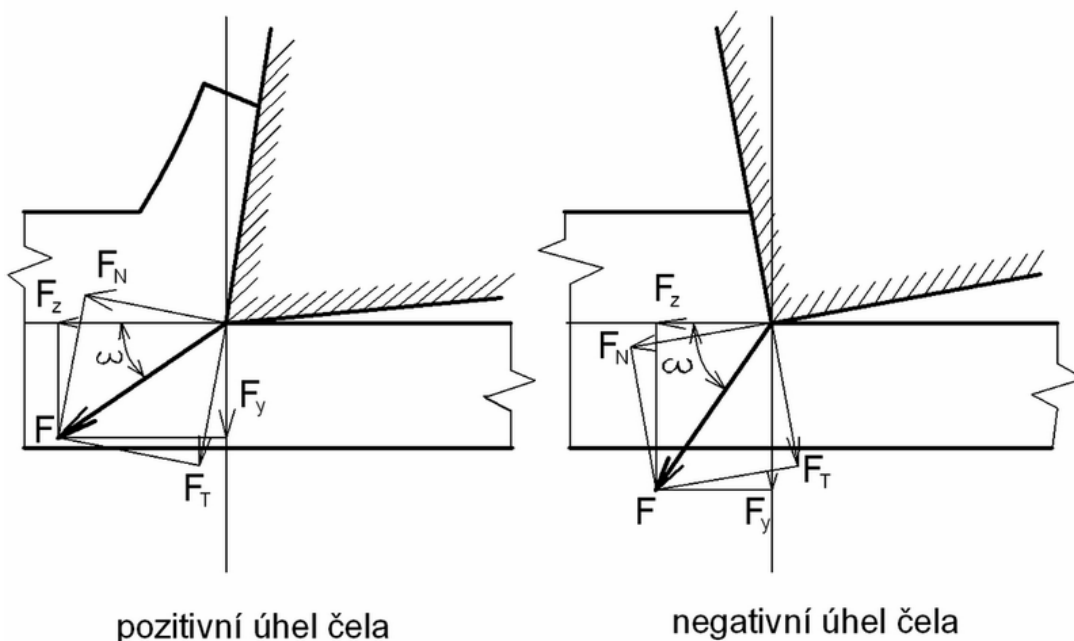
kde  $r$ ...měrný řezný odpor je určen ze skript [1]. Pro šedou litinu = 2080 MPa

a...tloušťka třísky je frézovaná hloubka = 4mm

b...šířka třísky je určena z posuvu na zub frézy

Tato vypočítaná složka  $F_c$  řezné síly  $F$  je pro nástroj s pozitivní geometrií. Pro negativní úhel čela, bude úhel  $\omega$  působení řezné síly větší a výsledná síla směřuje více do obrobku >> **PŘITLAČUJE OBROBEK DO PŘÍPRAVKU!** Složka ve směru osy  $z$   $F_z = F_c$  bude tím pádem menší (viz obr. 20). Proto použijí nástroj s negativní geometrií a složku  $F_c$  zmenším koeficientem 0,8.

$$F_c = 500 \cdot 0,8 = \underline{\underline{400N}}$$



Obr. 20 – Silové poměry při vnikání řezného klínu do obrobku [1]

Celková upínací síla  $F_u$  bude:

$$F_u = \frac{q_2 \cdot F_c \cdot (q_1 - 1)}{2 \cdot \mu} = \frac{2 \cdot 400 \cdot (1,4 - 1)}{2 \cdot 0,2} = \underline{\underline{800N}}$$

Reakce na jedné upínce:  $F_{u1} = \frac{F_u}{2} = \underline{\underline{400N}}$

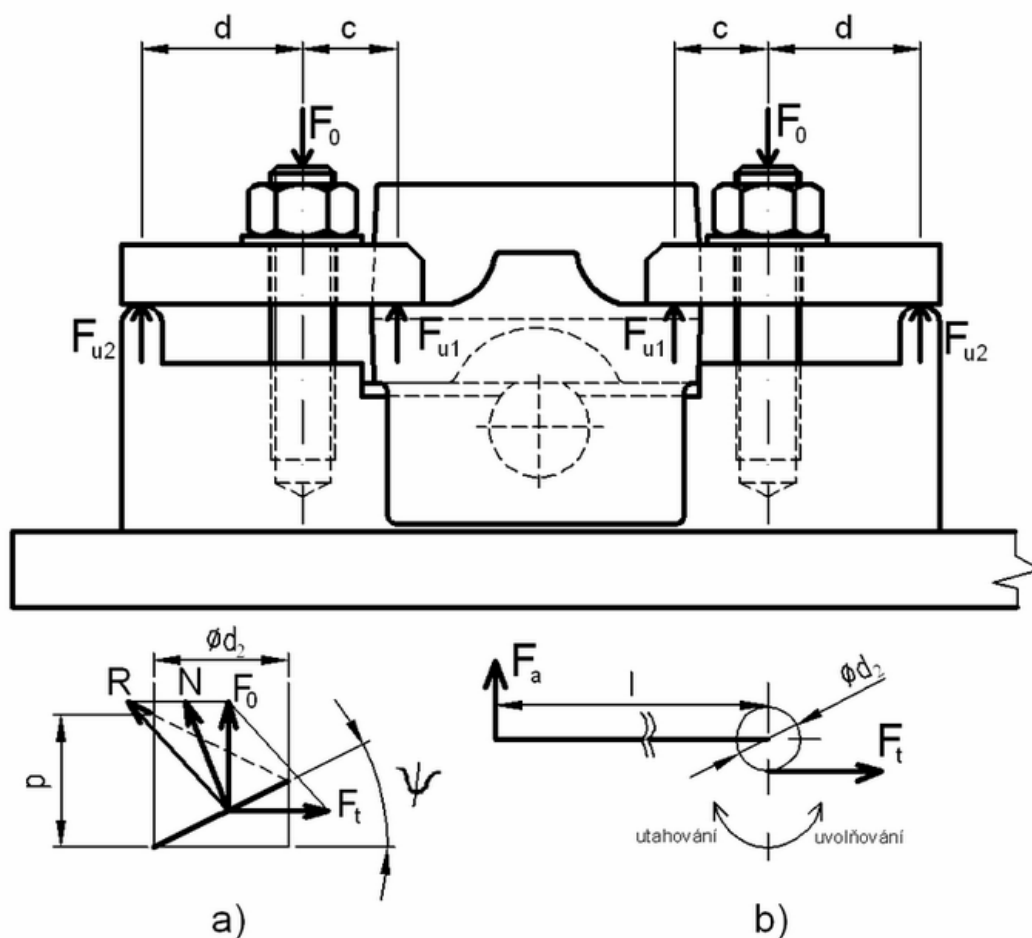
Osovou sílu  $F_0$ , kterou musíme působit na upínku si vypočítáme z momentové rovnováhy (viz obr. 21):

(12)

$$\boxed{-F_0 \cdot d + F_{u1} \cdot (c + d) = 0}$$

$$F_0 = \frac{F_{u1} \cdot (c + d)}{d} = \frac{400 \cdot (30 + 45)}{45} = \underline{\underline{667N}}$$





Obr. 21

Z podmínky momentové rovnováhy k ose šroubu obr. 21b), určíme potřebnou ovládací sílu  $F_a$  na konci klíče:

$$F_a \cdot l = F_t \cdot \frac{d_2}{2} \Rightarrow F_a = F_t \frac{d_2}{2l} \quad (13)$$

Ze schématu na obr. 21a) znázorňujícího síly působící na matici při jejím utahování lze zjistit celkovou reakci  $R$  a tangenciální sílu  $F_t$ :

$$R = \frac{F_0}{\cos(\psi + \varphi)} \quad a \quad F_t = F_0 \cdot \operatorname{tg}(\psi + \varphi), \quad (14)$$

kde  $\varphi$  je třecí úhel ( $\operatorname{tg}\varphi = f_z$ ),  $f_z = 0,16 \div 0,24$   
 $\psi$  je úhel stoupání závitu ( $\operatorname{tg}\psi = p/\pi d_2$ )

Potom utahovací síla bude:

$$\begin{aligned} F_a &= \frac{F_{u1}(c+d) \cdot \operatorname{tg}(\psi + \varphi) \cdot d_2}{2l \cdot d} = \\ &= \frac{400(30+45) \cdot \operatorname{tg}(1,82+13,5) \cdot 15}{2 \cdot 150 \cdot 45} = \frac{123274,92}{13500} \cong \underline{\underline{10N}} \end{aligned}$$

## 6.2 ŘEZNÉ A UPÍNACÍ SÍLY DRUHÉ OPERACE

Při této operaci (vrtání díry  $\varnothing 22\text{mm}$ ) budou na obrobek působit složky  $F_o$  a  $F_c$ . Osová síla  $F_o$  bude tlačit obrobek do přípravku, proto nemůže mít vliv na tuhost upnutí obrobku. Budu počítat jen složku řezné síly  $F_c$ , která působí na rameni  $D/4$  vrtáku a vyvolává krouticí moment  $M_k$  (viz obr. 22).

Řeznou složku  $F_c$  si vypočítám ze vztahu [1]:

$$\boxed{M_k = 2 \cdot F_c \cdot \frac{D}{4} = F_c \cdot \frac{D}{2}} \Rightarrow \boxed{F_c = \frac{2 \cdot M_k}{D}} \quad [N] \quad (15)$$

kde  $D$ ...je průměr vrtáku [mm]

Krouticí moment  $M_k$  se vypočítá ze vztahu [1]:

$$\boxed{M_k = c_M \cdot k_m \cdot D^{X_M} \cdot s^{Y_M}} \quad [N \cdot mm] \quad (16)$$

kde  $c_M$ .....konstanta pro šedou litinu HB = 200 z tab. [1]

$k_m$ .....opravný součinitel 1,13

$x_M, y_M$  ....exponenty pro šedou litinu HB = 200 z tab. [1]

$s$ ..... posuv na břit vrtáku

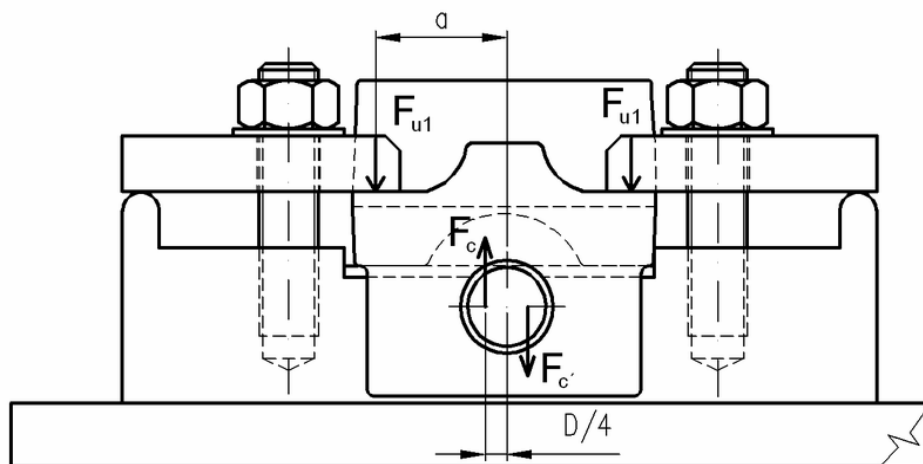
$$M_k = 229 \cdot 1,13 \cdot 22^{1,9} \cdot 0,07^{0,08} = \underline{\underline{10956 \text{ Nmm}}}$$

$$F_c = \frac{2 \cdot M_k}{D} = \frac{2 \cdot 10956}{22} = \underline{\underline{996 \text{ N}}}$$

Upínací síla  $F_{u1}$  bude z podmínky rovnováhy:

$$\boxed{2 \cdot F_c \cdot D/4 - F_{u1} \cdot a = 0}$$

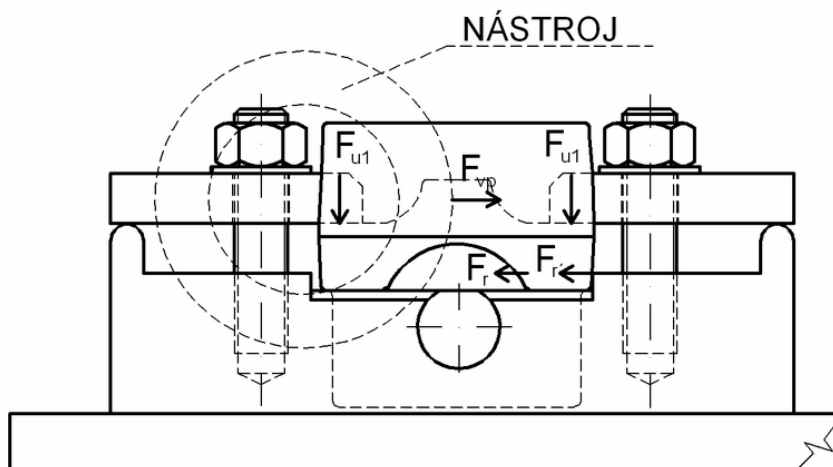
$$F_{u1} = \frac{2 \cdot F_c \cdot D/4}{a} = \frac{2 \cdot 996 \cdot 5,5}{30} = \underline{\underline{365 \text{ N}}} \quad (17)$$



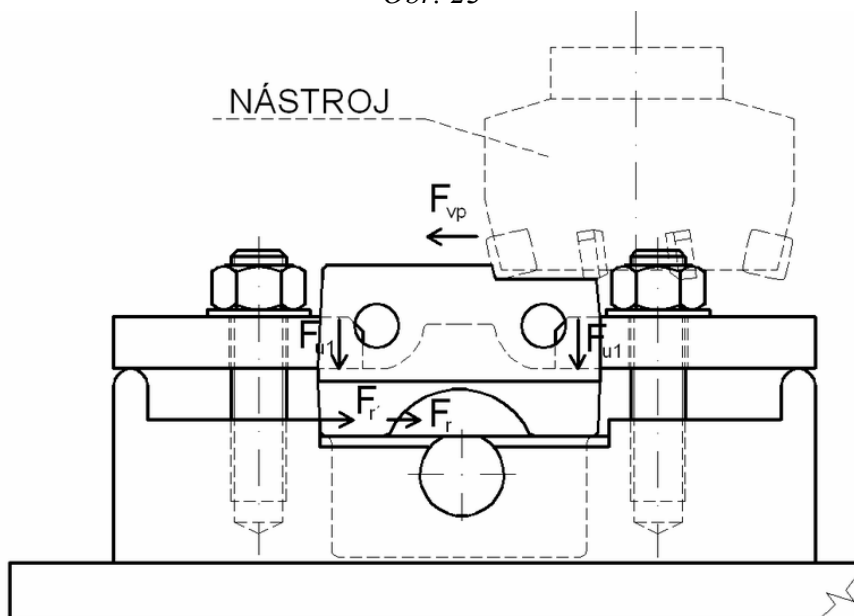
Obr. 22

### 6.3 ŘEZNÉ A UPÍNACÍ SÍLY TŘETÍ A ŠESTÉ OPERACE

U třetí operace (hrubování výšky podpěry), se jedná o čelní frézování. Směry působících sil budou stejné jako u první operace, jen hloubka řezu bude menší = 3mm. Nástroj bude působit na obrobek výpočetní silou  $F_{vp}$  ve směru posuvu. Proti této síle působí třecí síla  $F_r$  a od opěrné plochy reakce  $F_r'$  (viz obr. 23), protože ustavený obrobek má vymezených šest stupňů volnosti. Upínací síly  $F_{u1}$  působí ve směru kolmém na tyto síly. Výsledek výpočtu upínacích sil bude stejný jako u první operace. I když hloubka řezu je menší, tím pádem by měla být síla  $F_c$  menší, ale nemůže tomu tak být, protože měrný řezný odpor se zmenšující se hloubkou řezu roste. Proto budou výsledné upínací síly přibližně stejné. To platí i pro šestou operaci (obr. 24).



Obr. 23



Obr. 24

## 7 POPIS SESTAVY PŘÍPRAVKU

V této kapitole bych chtěl popsat sestavu přípravku, abych Vám ji jednoduše přiblížil. Celou tuto sestavu můžete vidět na výkresu č. 127-01-03 v příloze. Přípravek jsem navrhoval pro frézku typu FGU 32 (viz příloha stroj), proto jsem vycházel z jednotlivých rozměrů stolu frézky. Přípravek je navržen pro horizontální obrábění (frézování - operace č.1, č.3 + vrtání - operace č.2) a dále pro vertikální frézování (operace č.6).

Těleso přípravku je konstrukční element, který spojuje jednotlivé části přípravku do jednoho celku. Proto konstrukce tělesa přípravku musí splnit následující požadavky:

- a) dostatečnou tuhost
- b) vysokou přesnost
- c) jednoduchou a levnou výrobu

V mém případě tvoří těleso přípravku základní deska a vodící hranoly. Rozhodl jsem se tyto tělesa smontovat – mechanicky spojit. Zde uvedu pár předností proti svařovaným a litým tělesům:

- Při srovnání se svařovanými tělesy jsou přesnější, protože je neovlivňuje smršťování svarů. Montáž velmi přesných těles vyžaduje broušení jednotlivých částí a těleso získává dobrý povrchový vzhled. Dobrý vzhled působí na obsluhu též psychologicky, s přípravkem je slušněji zacházeno.
- Proti litým tělesům mají přednosti v podobě nižší hmotnosti, kratší termín výroby a i nižší výrobní náklady.

Přípravek je tvořen základní deskou (pozice č.1). V této desce jsou vyfrézovány drážky pro vodící tělesa (pozice č.5), která slouží pro uložení přípravku do T drážek stolu frézky a dále na rubové straně základní desky pro vedení a přesné přišroubování vodících hranolů (pozice č.2) pomocí vodících těles (pozice č.6). Vodicí hranoly jsou k základní desce přišroubovány 5 šrouby (pozice č.13) s vnitřním šestihranem. V každém vodícím hranolu jsou závity M16 pro přichycení stavěcích šroubů (pozice č.7), které nám slouží k upnutí obrobku v přípravku. Stavěcí šrouby jsou zakontrovány v hranolu pomocí nízkých matic (pozice č.8). Samotné upnutí obrobku je provedeno upínkami (pozice č.4), podložkami (pozice č.10) a maticí (pozice č.9). K základní desce jsou dále přišroubovány dorazy (pozice č.3) pro přesné ustavení obrobku.

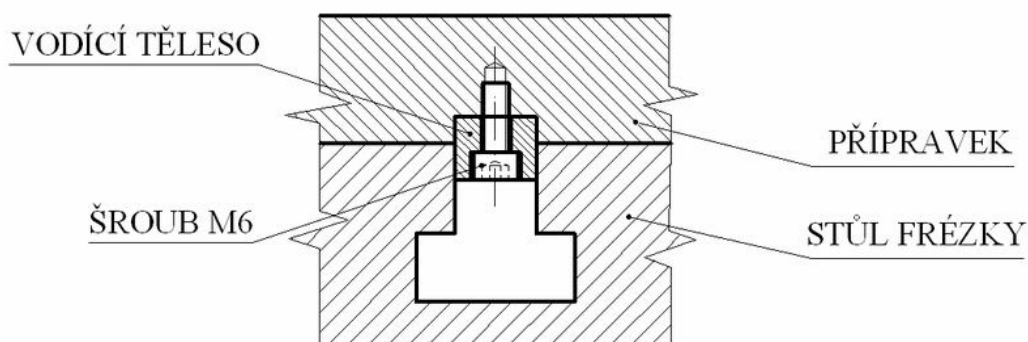
Přípravek je nakonec opatřen jeřábovými oky (pozice č.14), které slouží pro snadnější přemísťování a snímání ze stroje, protože samotný přípravek váží 25 kg.

## 8 ULOŽENÍ A UPNUTÍ PŘÍPRAVKU NA OBRÁBĚCÍ STROJ

Přípravek musí být uložen na obráběcí stroj tak, aby byla zajištěna stálá poloha přípravku vůči nástroji a nemohlo dojít k jeho posunutí vlivem řezných a jiných sil. Přípravek a obráběcí stroj musí tvořit při obrábění součásti společnou jednotku. Proto musí konstruktér přípravku sledovat:

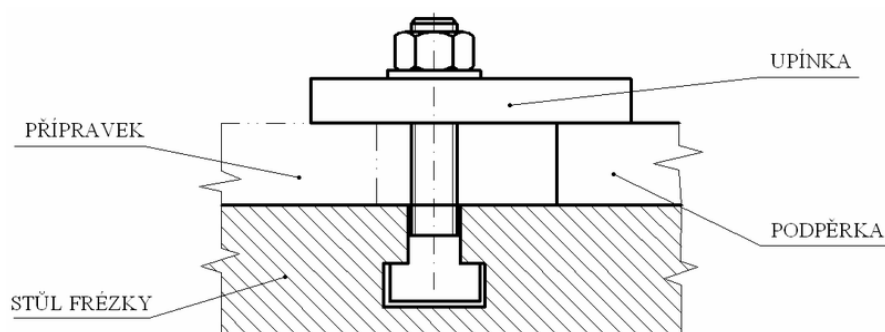
- Rozměry stroje, zvláště pak rozměry a tvar té jednotky stroje, která je určena pro uložení přípravku (rozměr stolu, tvar hlavy vřetena apod.)
- Způsob a velikost uložení přípravku a nástroje
- Výkon pohonu stroje a jeho pracovní přesnost
- Rozsah řezné rychlosti a posuvu stroje

Zvolil jsem 3 vodící tělesa do T drážek, které se nejčastěji používají u přípravků frézovacích (ČSN 24 3595). Pevné vodící tělesa jsou zalícovány do tělesa přípravku a přišroubovány (obr. 25). Rozměry jsou uvedeny ve výrobních výkresech v příloze. Správné uložení přípravku na obráběcí stroj snižuje čas na přípravu a zakončení, a rovněž zajišťuje stejnoměrnou přesnost výroby součástí.

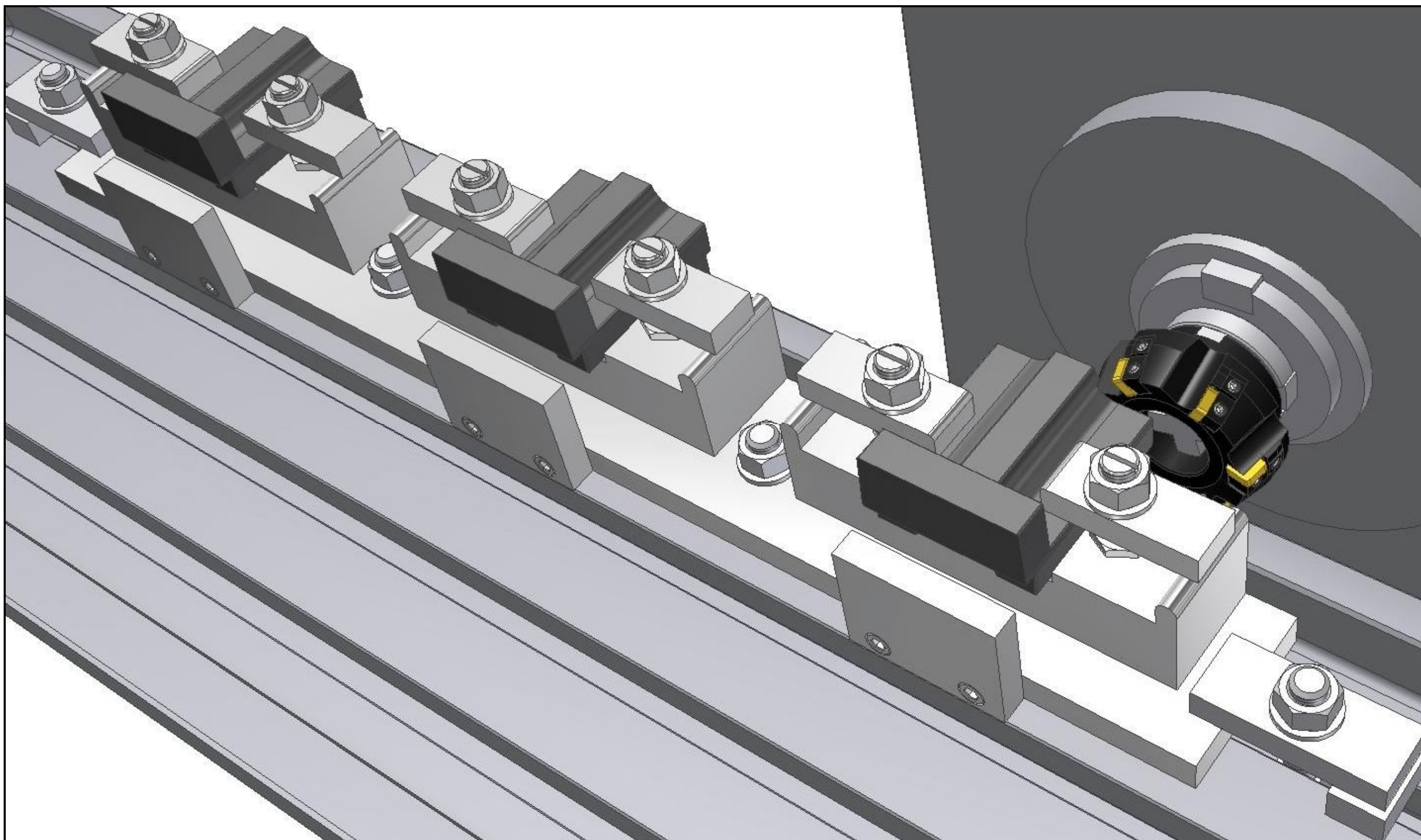


Obr. 25

Po uložení přípravku do vodících drážek stolu frézky následuje jeho upnutí. Přípravek je upnut ke stolu frézky dvěma upínkami + dvěma šrouby vně přípravku (obr. 26 + obr. 27 na další straně).



Obr. 26

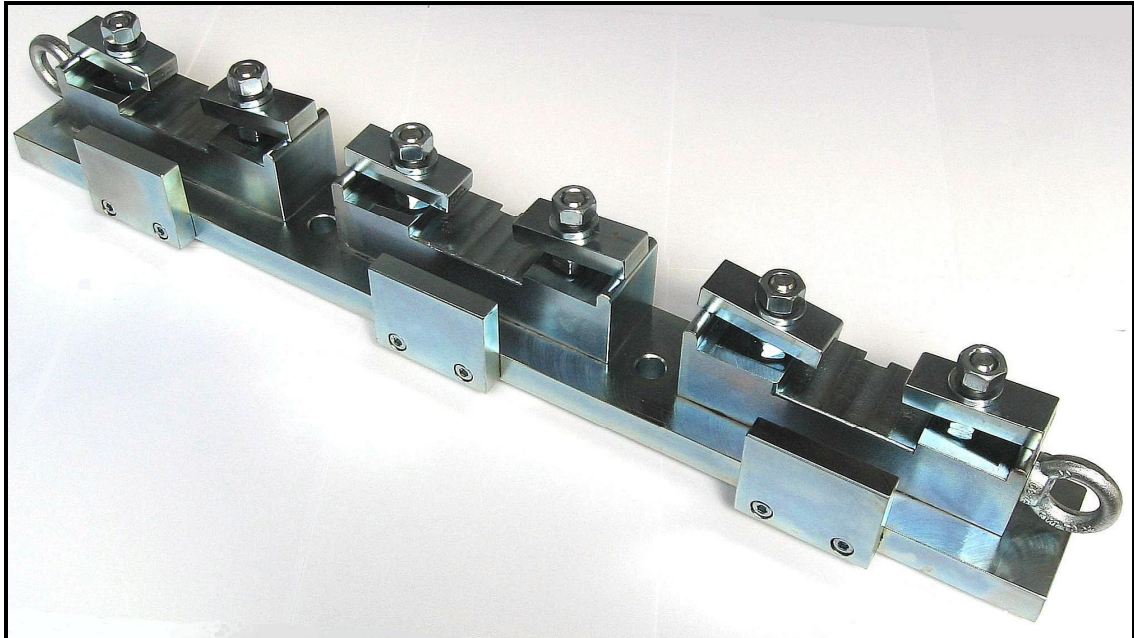


*Obr. 27 – Upnutí přípravku na stůl frézky – první operace*

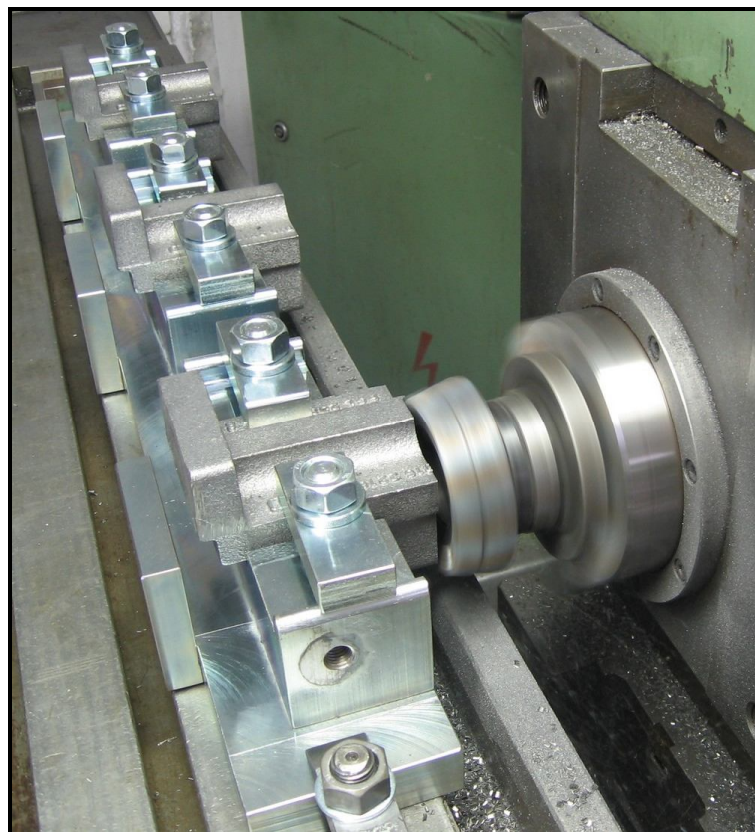


## 9 REALIZACE PŘÍPRAVKU V PRAXI

Navržený přípravek jsem osobně vyrobil (viz obr. 28). Vyfotografoval jsem pár snímků, které ukazují jednotlivé operace výroby součásti s použitím přípravku. Všechny výrobní operace součásti na přípravku se zdařily, nenastal žádný problém.



*Obr. 28 – Přípravek*

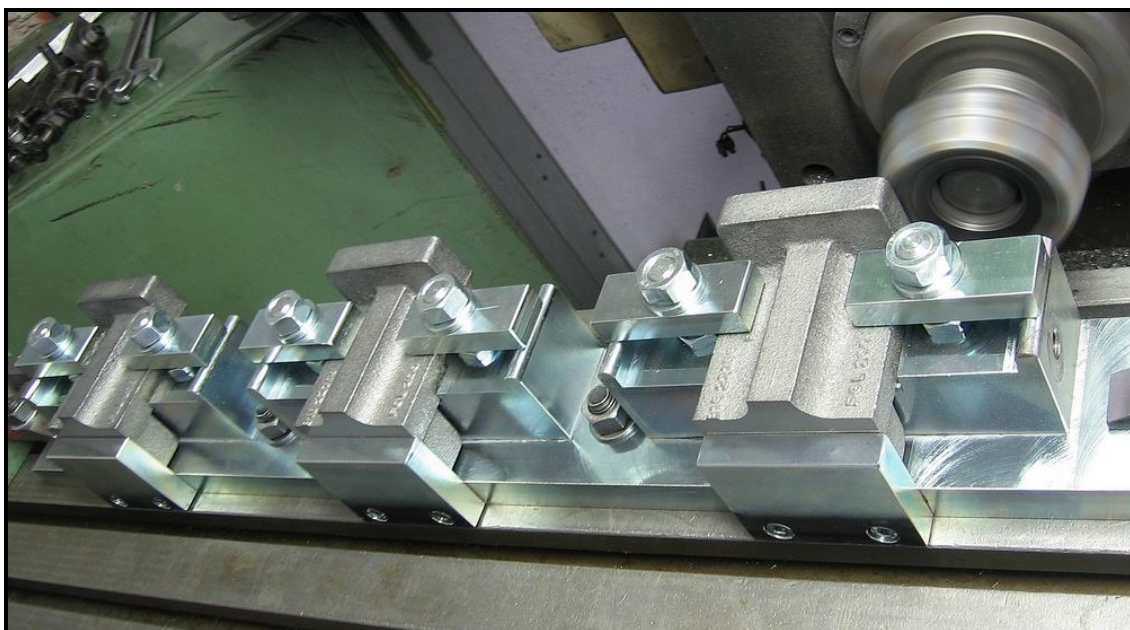


*Obr. 29 – Operace č.1 – Frézování základny*



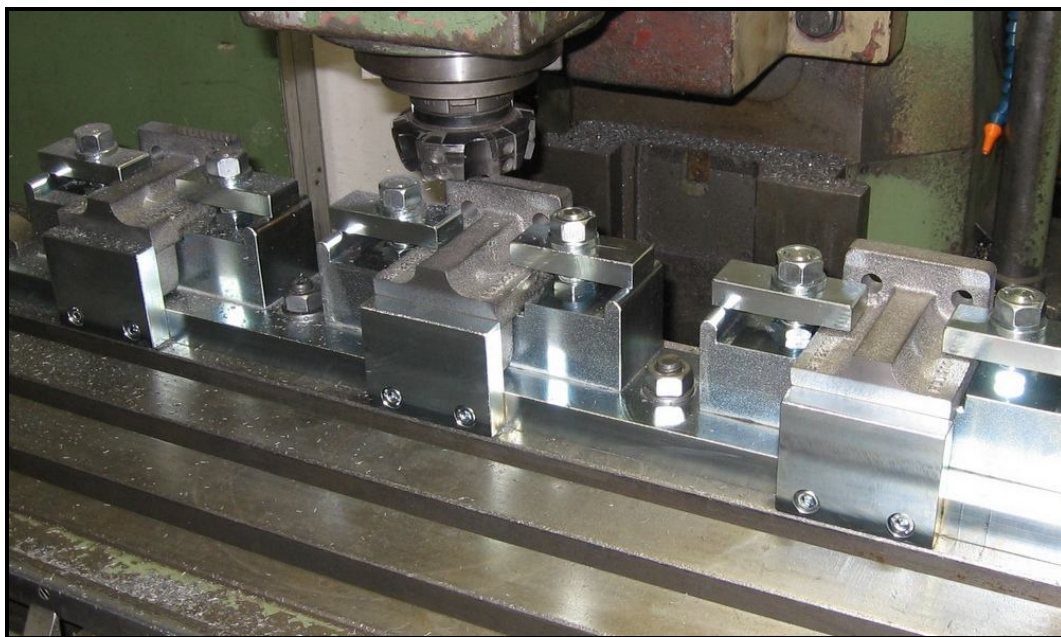
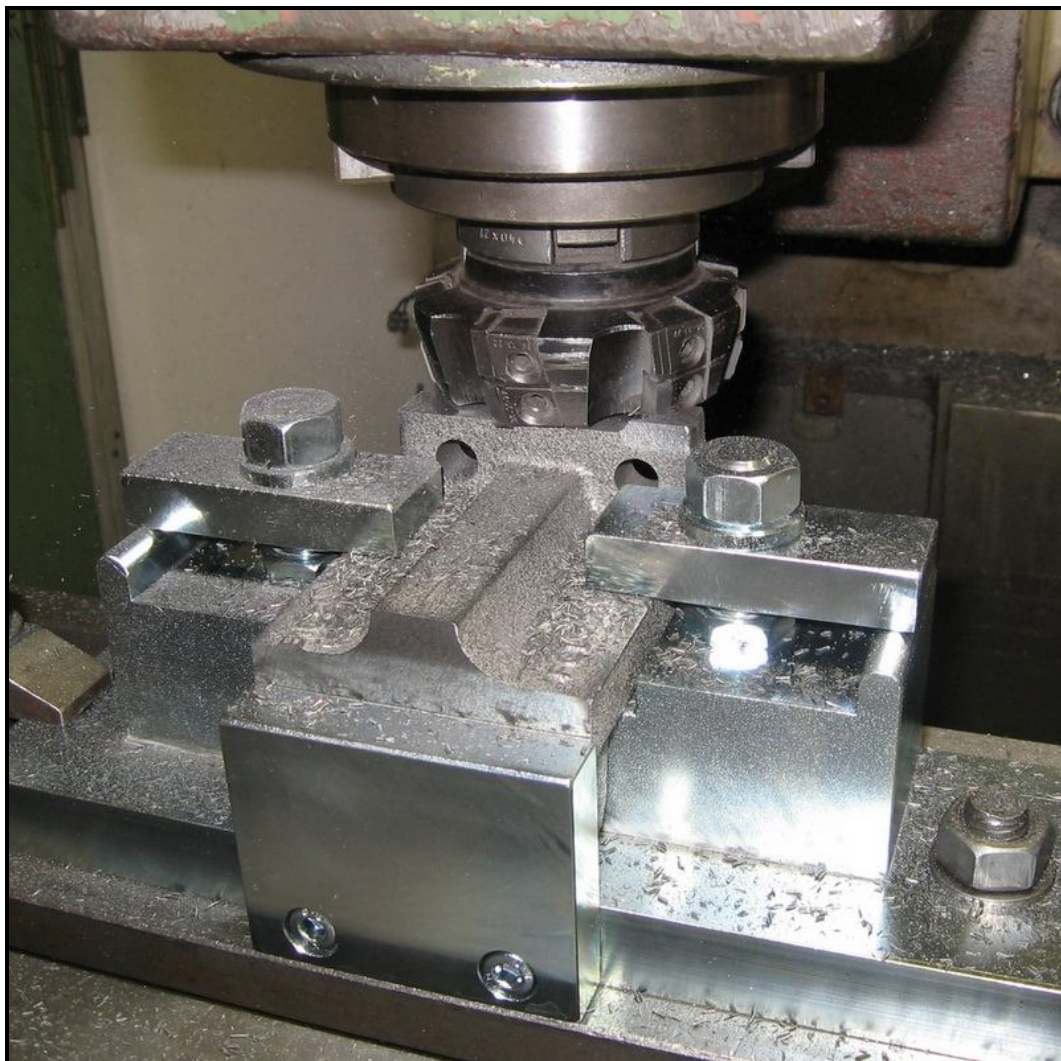


*Obr. 30 – Operace č.2 - Vrtání díry  $\varnothing 22$  mm + sražení hrany  $2 \times 45^\circ$*



*Obr. 31 – Operace č.3 - Hrubování výšky podpěry*





*Obr. 32 a 33 – Operace č.6 - Frézování plochy na rozměr 12,5mm*

## 10 DRSNOST POVRCHU

Pro stanovení dosažené průměrné aritmetické úchylky profilu  $R_a$  jsem použil drsnoměr Mitutoyo Surftest 211 (obr. 34) z laboratoří metrologie. Hodnota CUT OFF  $0,8 \mu\text{m}$ . Měření jsem provedl na třech obráběných plochách (operace č.1, č.2, č.6), které byly obrobena s použitím přípravku. Obrobenou plochu (operace č.3) jsem neměřil, poněvadž tato plocha se ještě dále opracovávala. Všechny naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulkách 4, 5, 6 (viz níže). Žádná z naměřených hodnot nepřesáhla požadovanou hodnotu. Proto lze z těchto zjištění vyvodit závěr, že přípravek a zvolené technologie obrábění nijak neovlivnily požadovanou drsnost povrchu.

Tab. 4

Operace č.1 - Čelní plocha	
Naměřené hodnoty	
n	$R_a$
1	1,2
2	0,81
3	0,9
4	1,25
5	1,07
6	0,95
7	0,93
8	1,11
9	1,07
10	0,97
$\Sigma$	10,26
$\varnothing$	1,026 $\mu\text{m}$

Požadovaná  $R_a = 1,6 \mu\text{m}$   
Dosažená  $R_a = 1,03 \mu\text{m}$

Tab. 5

Operace č.2 - Díra	
Naměřené hodnoty	
n	$R_a$
1	11,05
2	10,18
3	10,14
4	10,51
5	7,75
6	9,03
7	6,16
8	8,56
9	8,07
10	8,96
$\Sigma$	90,41
$\varnothing$	9,041 $\mu\text{m}$

Požadovaná  $R_a = 12,5 \mu\text{m}$   
Dosažená  $R_a = 9,04 \mu\text{m}$

Tab. 6

Operace č.6 - Plocha	
Naměřené hodnoty	
n	$R_a$
1	1,06
2	0,89
3	1,24
4	0,86
5	1,15
6	0,95
7	0,97
8	0,8
9	0,95
10	1,1
$\Sigma$	9,97
$\varnothing$	0,997 $\mu\text{m}$

Požadovaná  $R_a = 3,2 \mu\text{m}$   
Dosažená  $R_a = 1 \mu\text{m}$



Obr. 34 - Drsnoměr Mitutoyo Surftest 211

## 11 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Hodnoty pro výpočet

$n = 4000$  ks/rok ,  $i = 4$  ,  $n' = 50$  kč/dáv ,  $U = 0,6$  kč/ks ,  $R = 500\%$  ,  $T = 3$  roky ,  $h = 15\%$ .

**Cena přípravku**

$$C = (5 \div 10) \cdot k_c \cdot \sqrt{V} + 50\sqrt{V}$$

$$C = 10 \cdot 210 \cdot \sqrt{25} + 50\sqrt{25}$$

$$\underline{\underline{C = 10\,750\text{kč}}}$$

(18)

kde  $V$ ...hmotnost přípravku(kg)

$k_c$ ...konstanta závislá na složitosti přípravku

**Celková úspora**

$$U_r = U \cdot n \cdot \left(1 + \frac{R}{100}\right)$$

$$U_r = 0,6 \cdot 4000 \cdot \left(1 + \frac{500}{100}\right)$$

$$\underline{\underline{U_r = 14\,400\text{kč}}}$$

(19)

kde  $U$ ...úspora ve mzdě, vztažená na jeden obrobek (ks)

$R$ ...režie (%)

$n$ ...průměrný počet výrobků za 1 rok

**Náklady na seřízení za rok**

$$S = n' \cdot i$$

$$S = 50 \cdot 4 = \underline{\underline{200\text{kč}}}$$

(20)

kde  $n'$ ...náklady na jedno seřízení(kč)

$i$ ...počet seřízení

**Součinitel odpisu na údržbu a opravy**

$$k = \frac{1}{T} + \frac{h}{100} = \frac{1}{4} + \frac{15}{100} = \underline{\underline{0,4}}$$

(21)

kde  $T$ ...životnost zařízení v provozu

$h$ ...náklady vynaložené na údržbu a opravy v (%)

**Má-li být přípravek rentabilní**

$$U_r = U \cdot n \cdot \left(1 + \frac{R}{100}\right) \geq C \cdot k + S$$

$$14\,400 \geq 10\,750 \cdot 0,4 + 200$$

$$14\,400 \geq 4500 \Rightarrow \underline{\text{přípravek vyhovuje}} \quad (22)$$

**Minimální počet kusů pro rentabilnost**

$$n \geq \frac{C \cdot k + S}{U \cdot \left(1 + \frac{R}{100}\right)} = \frac{4500}{3,6} \cong \underline{\underline{1250ks}} \quad (23)$$

**Maximální cena přípravku pro rentab.**

$$C \leq \frac{U \left(1 + \frac{R}{100}\right) \cdot n - S}{k} =$$

$$= \frac{0,6 \cdot 6 \cdot 4000 - 200}{0,4} = \underline{\underline{35\,500kč}} \quad (24)$$

**Počet roků k dosažení hospodárnosti**

$$T = \frac{C}{U \cdot \left(1 + \frac{R}{100}\right) \cdot n - S - \frac{h}{100} \cdot C} =$$

$$= \frac{10750}{0,6 \cdot 6 \cdot 4000 - 200 - 0,15 \cdot 10750} =$$

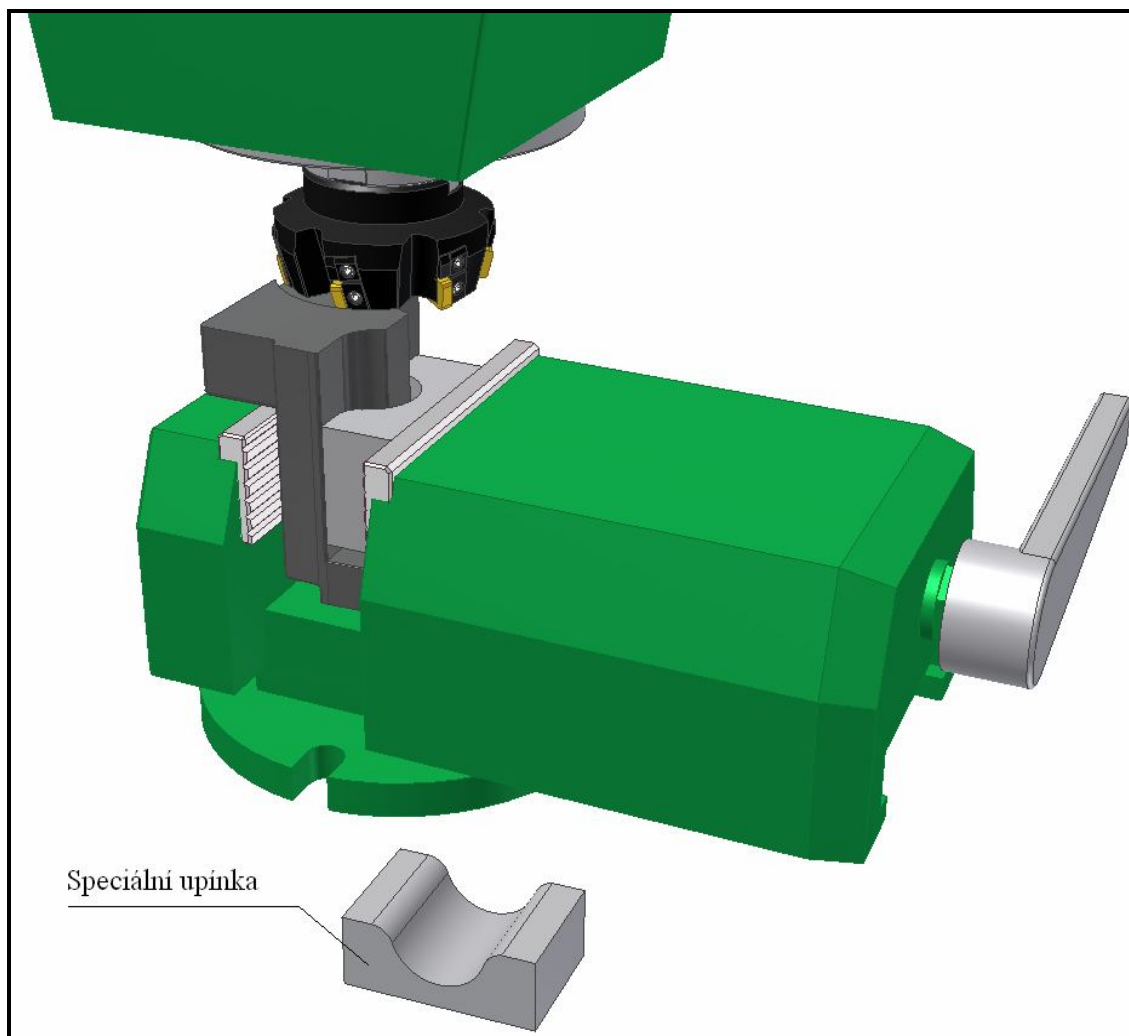
$$= \underline{\underline{10\,m\acute{e}sícu}} \quad (25)$$

**Zisk**

$$Z = U \left(1 + \frac{R}{100}\right) \cdot n - S - C \cdot k = \underline{\underline{9900kč}} \quad (26)$$

## 12 ALTERNATIVNÍ VARIANTA ŘEŠENÍ

Jako alternativní variantu řešení pro stanovené operace vidím použití univerzálního svěráku. Ale i zde upnutí takto složitého obrobku není jednoduché, poněvadž daný svěrák by musel mít výšku čelistí minimálně 80mm. Výška čelistí by sloužila jako ustavující rovina pro 1 operaci. Pro upnutí obrobku ve svěráku by se musela vyrobit speciální upínka (viz obr. 34). Druhá operace vrtání díry  $\varnothing 22$  mm podobně jako první operace + dorazy, ale zde by nastal problém s vrtákem, který by neměl místo pro výjezd z díry při dovrtávání. Třetí operace by šla udělat pomocí svěráku jen stěží, poněvadž ustavení ve svěráku by nebylo moc přesné, i když se jedná jen o hrubování. O upnutí obrobku ve svěráku pro šestou operaci se hovořit nedá, protože požadované rozměry by nebylo možné docílit a upnutí by bylo daleko složitější.



Obr. 34 – Upnutí součásti



### 13 ZÁVĚR

Měl jsem za úkol navrhnout, prokreslit a zrealizovat přípravek pro obrobení potřebných operací na podpěře turbodmychadla. Tento přípravek jsem navrhl podle možností obráběcího stroje, což znamená dle výkonu (řezná rychlost, posuv, atd.), dále dle rozměrů stolu frézky. Také jsem samozřejmě vycházel ze základů konstrukce přípravků, které jsem načerpal jakožto v předmětu „Konstrukce a výroba přípravků“ a také z dostupné literatury. Přípravek jsem navrhl poměrně konstrukčně jednoduchý pro snadné upínání a výměnu obrobků při zajištěné maximální možné přesnosti ustavení v přípravku. Jako upínacích elementů byly použity upínky, které zabezpečí dostatečně tuhé upnutí obrobku pro všechny čtyři operace. V navrhovaném přípravku lze obrábět až tři kusy na jednou při jednoznačné poloze obrobku vůči nástroji. V tom vidím jednoznačnou důležitost tohoto přípravku, protože se zvýší produktivita vyráběných podpěr. Další důležitou roli hraje ten fakt, že tato součást (podpěra) by se jen stěží dala vyrobit jinač, než za použití tohoto přípravku. Proto v tomto případě se nedá brát příliš v potaz ekonomické zhodnocení, i když zde určitě zisk bude, jak vyplývá z ekonomické analýzy. Závěrem bych jen poukázal na důležitost přípravků v současné výrobě strojních součástí, jak je vidět z mého návrhu a realizace. Výsledek mého snažení vidíte na obr.35.



*Obr. 35 – Vyrobené podpěry*

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BILÍK, O. *Obrábění II – 1. Díl Fyzikálně mechanické zákonitosti procesu obrábění*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1994, 129 s. ISBN 80–7078–962–X.
- [2] DIETER, F. *Spanntechnik und Automation wachsen zusammen. Werkstatt und Betrieb*, 11/2007, 46-50 s. ISBN 0043–2792
- [3] DUŠÁK, K. *Obráběcí přípravy*. Liberec: TU Liberec, 2007, 185 s. ISBN 978-80-7372-260-9
- [4] CHLADIL, J. *Přípravy a nástroje*. Brno: VUT Brno, 1992, 157 s. ISBN 80-214-0408-6
- [5] CHVÁLA, B., VOTAVA, L. *Přípravy*. Praha: SNTL Praha, 1988, 276 s.
- [6] CHVÁLA, B., PÍČ, J. *Přípravy*. Praha: ROH Praha, 1957, 171 s.
- [7] KOCMAN, K., PROKOP, J. *Technologie obrábění*. Brno: VUT Brno, 2001.
- [8] MONKA, P., PAULIKOVÁ, A. *Top trendy v obrábění – IV. Díl Upínanie, přípravy a meradlá*. Žilina, 2007, 170 s. ISBN 80–96895–2–7.
- [9] MRKVICA, M. *Přípravy a obráběcí nástroje – II. Díl Přípravy*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1988, 182 s.
- [10] NOVÁK, Z. *Nové trendy ve vývoji upínacího nářadí*. MM Průmyslové spektrum, 6/2002, 56-57 s. ISSN 1212–2572.
- [11] PILC, J., PODKONICKÝ, M. *Přípravy a nástroje*. Žilina: VŠDS Žilina, 1991, 367s. ISBN 80-7100-043-4
- [12] ŘASA, J., HANĚK, V., KAFKA, J. *Strojírenská technologie 4 – Návrhy nástrojů, přípravy a měřidel*. Scientia, 2003, 497 s. ISBN 80-7183-284-7
- [13] VÁVRA, P., LEINVEBER, J. *Strojnické tabulky*. Úvaly: ALBRA, 2005. ISBN 80-7361-011-6
- [14] ZEMČÍK, O. *Nástroje a přípravy pro obrábění*. Brno: VUT Brno, 2003, 193 s. ISBN 80–214–2336–6.

URL:

- [15] <http://www.tos-olomouc.cz/cz/vyrobní-program/> dostupné dne 2009-03-02, čas 14:30
- [16] <http://www.pramet.com/download/katalog/pdf/Milling%202009%20CZ-SK%20screen.pdf> dostupné dne 2009-03-02, čas 15:00

## **SEZNAM PŘÍLOH**

- MATERIÁLOVÝ LIST SOUČÁSTI (PODPĚRY)
- MATERIÁLOVÝ LIST PŘÍPRAVKU
- OBRÁBĚCÍ STROJ
- POUŽITÉ NÁSTROJE
- VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE PŘÍPRAVKU